# Statična presoja

# namestitve fotovoltaične elektrarne

## SE Osnovna šola Žirovnica

Zabreznica 4, 4274 Žirovnica

Izdelal: Luka Žugič, dipl. inž. gradb., GIRI d.o.o

Pooblaščeni inženir: Igor Žugič, univ. dipl. inž. gradb., GIRI d.o.o

IGOR ŽUGIČ
univ. dipl. inž. grad.
IZS G-0602

Vrsta projekta: Statična presoja št.: 1-055/2024

Naročnik: NGEN d.o.o., Moste 101, 4274 Žirovnica

Kraj in Datum: Ljubljana, julij 2024

## 1. Splošno

### 1.1 Uvod

Investitor namerava na strehi Vrtca Žirovnica in strehi Osnovne šole Žirovnica (parc. št. 228/1, k.o. 2181 Zabreznica, št. stavbe 189) na naslovu Zabreznica 4, 4274 Žirovnica postaviti fotovoltaično elektrarno naležne izvedbe.

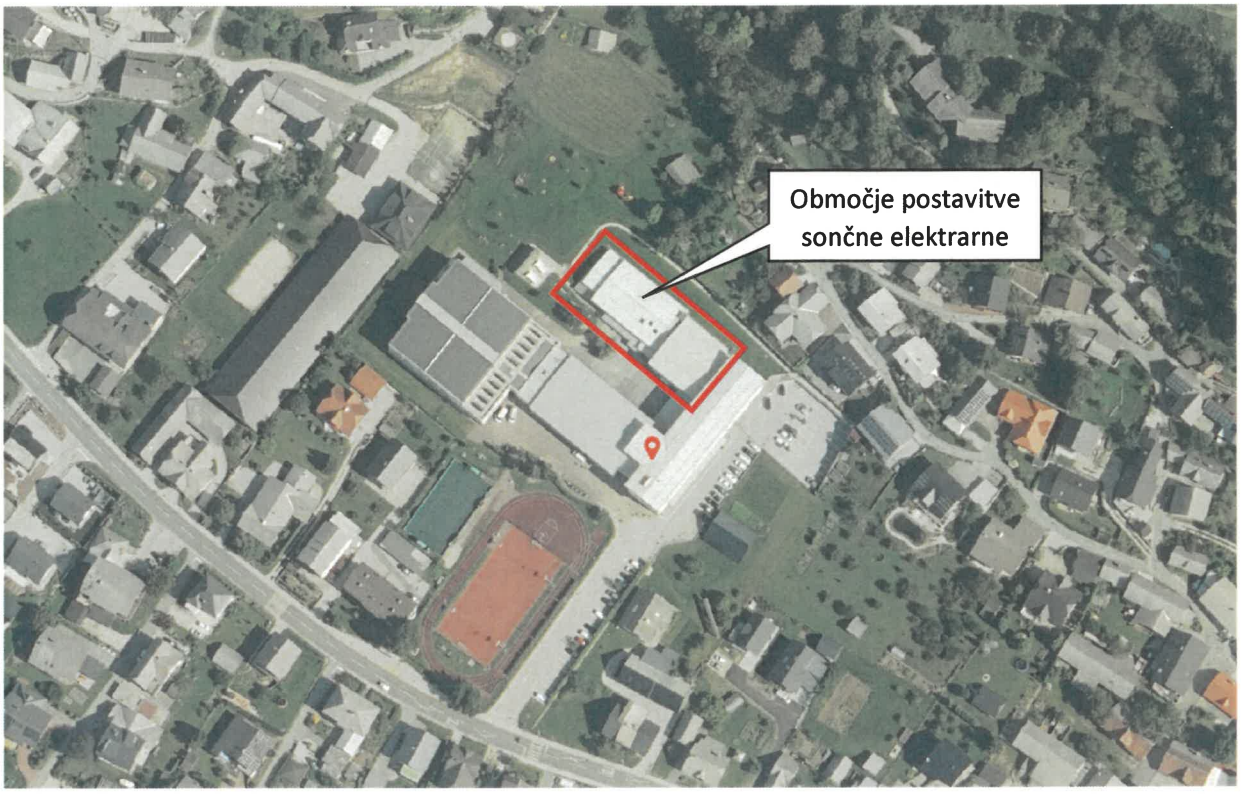
Pričakovana obtežba naležna elektrarne je 0,15 kN/m2. Skladno s Evrokodi se izvede statična presoja vplivov na strehi in morebitne ukrepe oz. sanacijska dela. V primeru presega dovoljenih obtežb, se določi maksimalna dovoljena obtežba sončne elektrarne na strehi.

Podlaga za preveritev je:

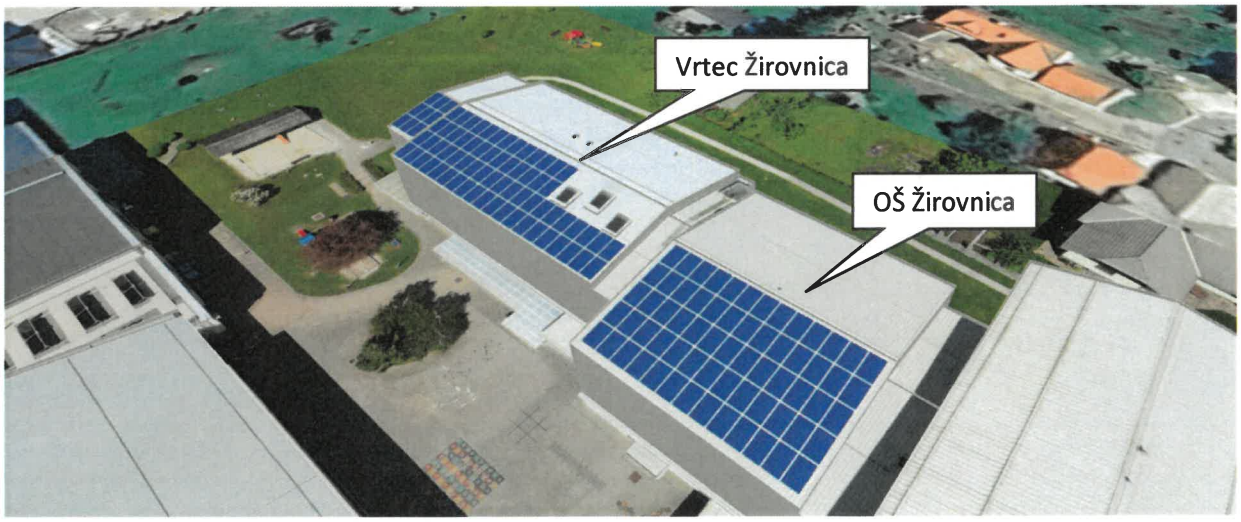
- Tloris ostrešja, OŠ Žirovnica, št. projekta: SR12054, št. načrta: SR12054-1, projektant: Studio razvoj d.o.o., Kočevarjeva ulica 7, 8000 Novo mesto, julij 2015

- Načrt ostrešja, Prizidava vrtca ob OŠ Žirovnica, št. projekta: II/526-1/00, projektant: Atelje za prostorsko projektiranje Jesenice, Pod gozdom 2, Jesenice

- SolarEdge Designer Report SE OŠ - ŽIROVNICA, Zabreznica 4, 4274 Žirovnica, izdelal: NGEN d.o.o., 16. jul 2024



Slika 1: Pregledna situacija



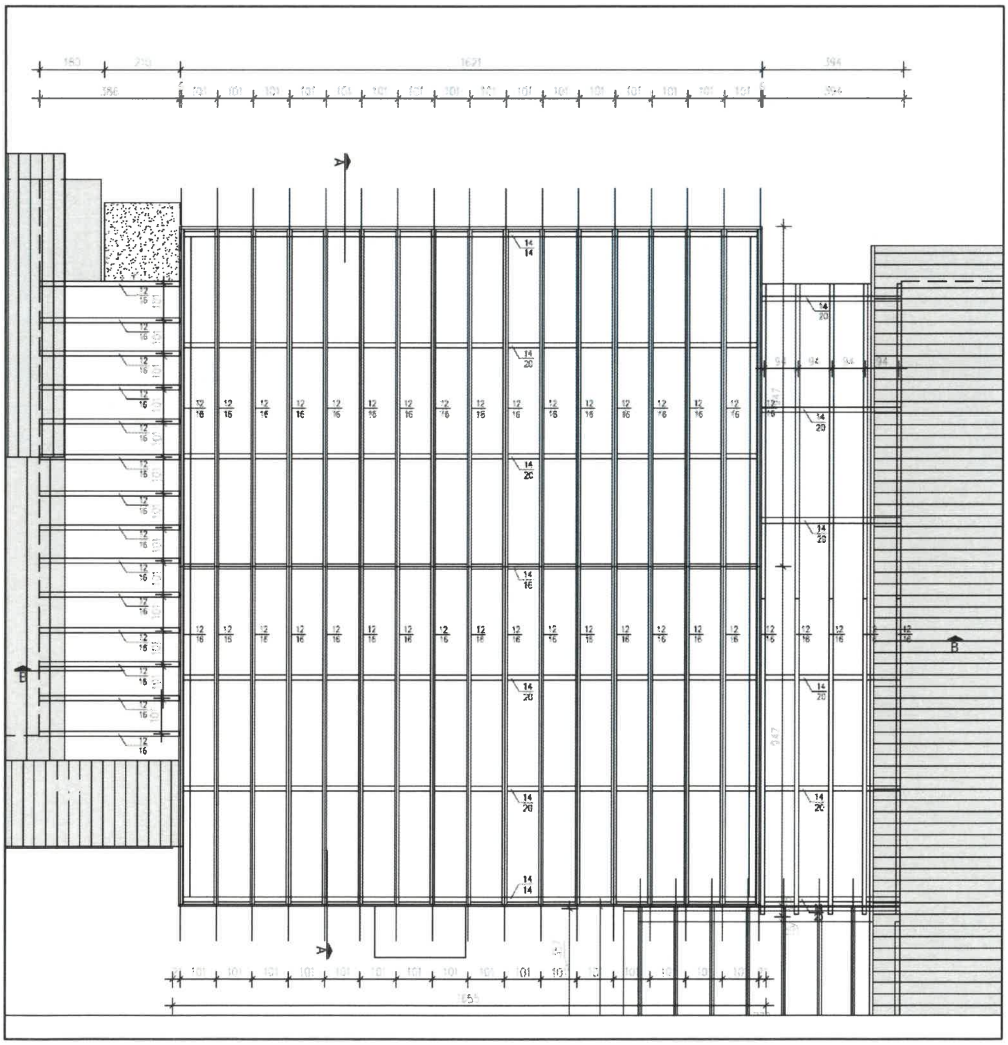
Slika 2: Prikaz postavitve fotovoltaičnih modulov

## 1.2 Opis objektov

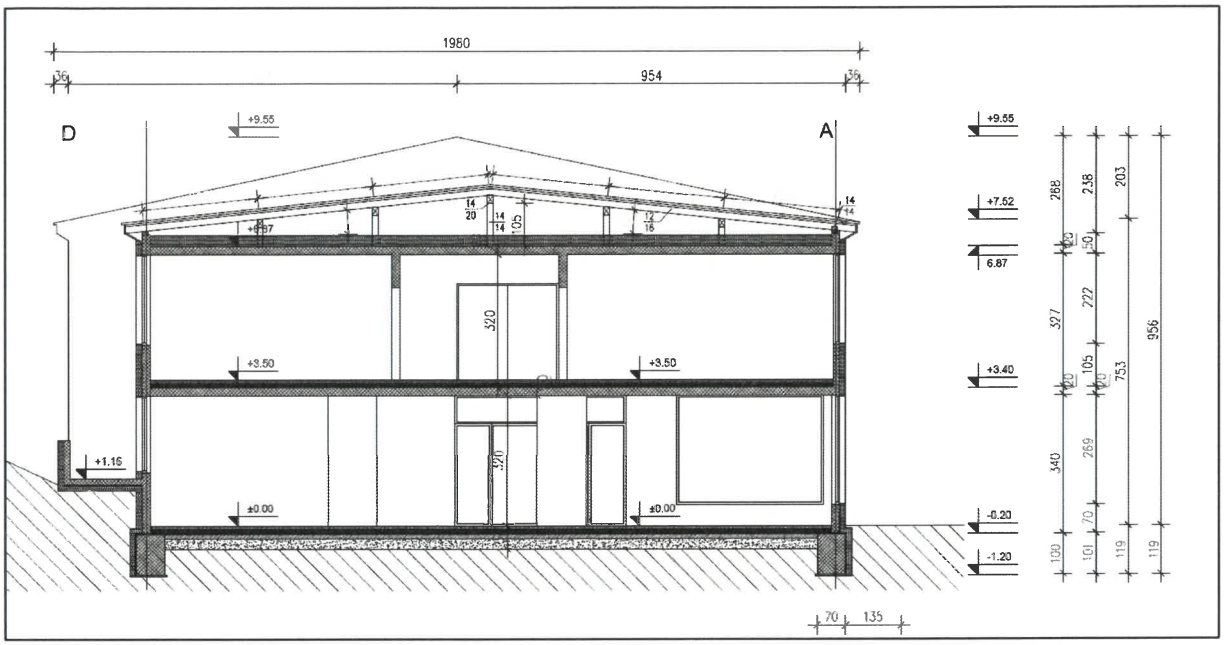
### 1.2.1 Osnovna šola Žirovnica

Objekt ima leseno dvokapno streho z naklonom 10°. Slemenska lega je dim. 14/16 cm. Vmesne lege so dim. 14/20 cm na medsebojnem razmaku 2,85 m. Kapne lege so dim. 14/14 cm. Špirovci so dim. 12/16 cm in so na osnem razmaku 1,01 m. Slemenska in vmesne lege so podprte z lesenimi stebri dim. 14/14 cm ter obojestranskimi ročicami. Leseni stebri so v vzdolžni smeri na medsebojni razdalji 3,6 oz. 4,25 m. Strešna konstrukcija leži na armirano betonski plošči debeline 20 cm. Streha je prekrita s trapezno pločevino.

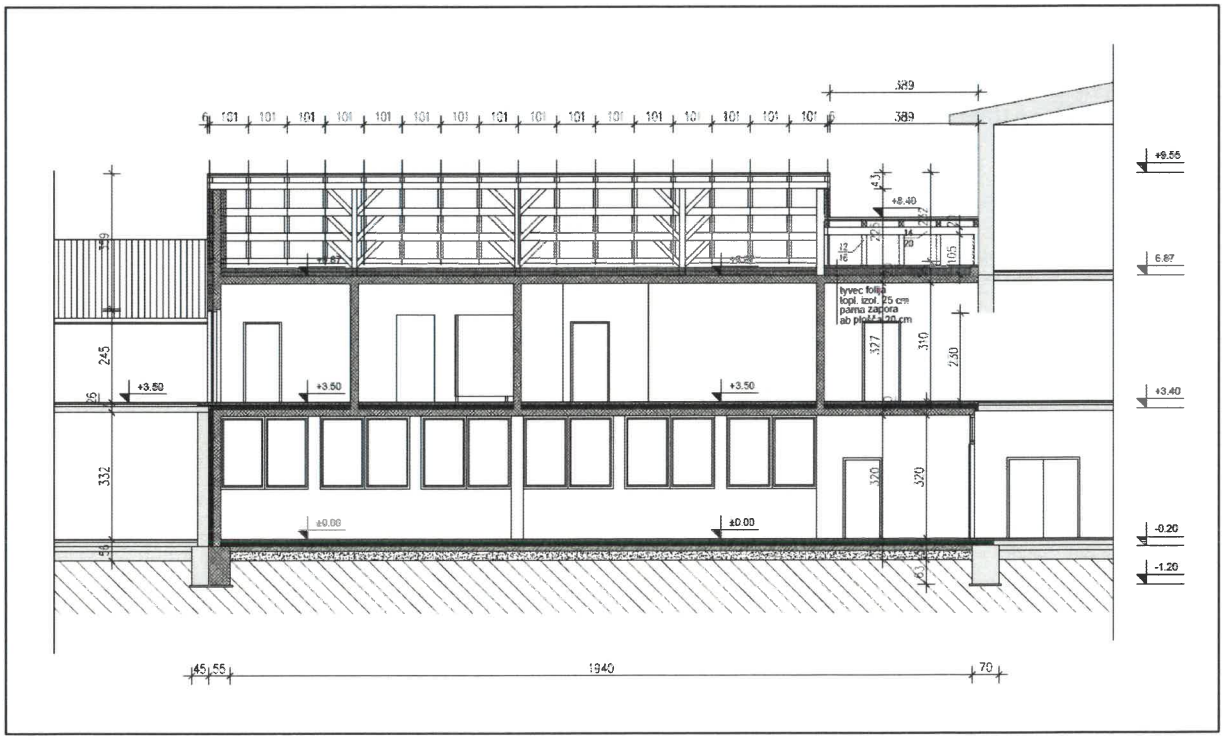
Objekt je po podatkih Geodetske uprave zgrajen leta 1958. Fasada in streha sta bili obnovljeni leta 2014.



Slika 3: Tloris ostrešja Osnovne šole



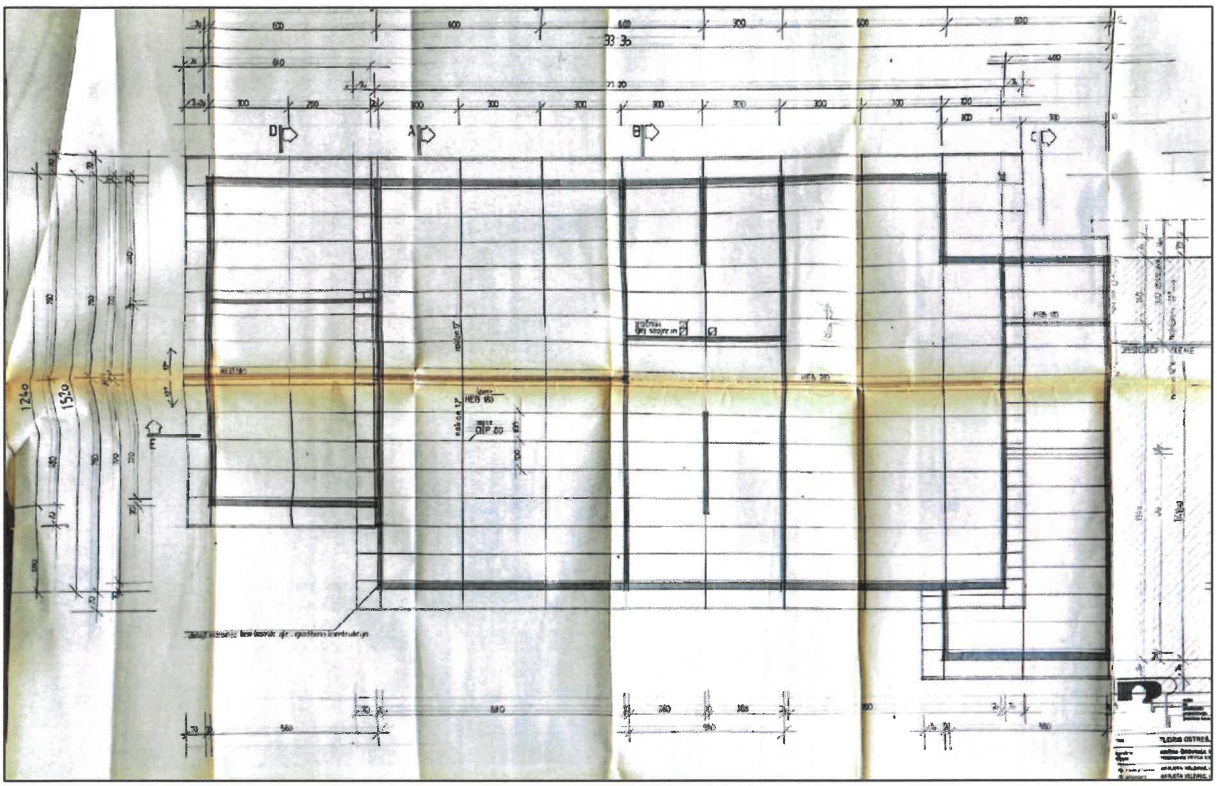

Slika 4: Prečni prerez A-A Osnovne šole



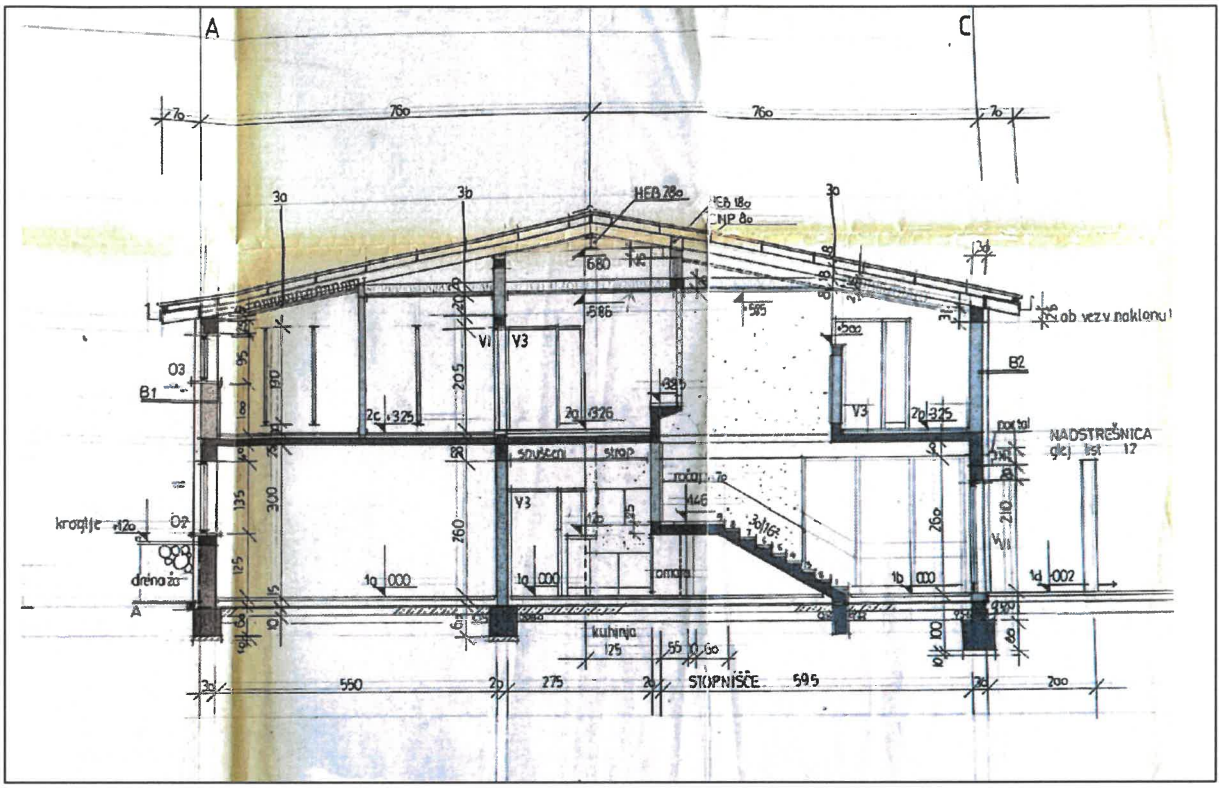

Slika 5: Vzdolžni prerez Osnovne šole

### 1.2.2 Vrtec Žirovnica

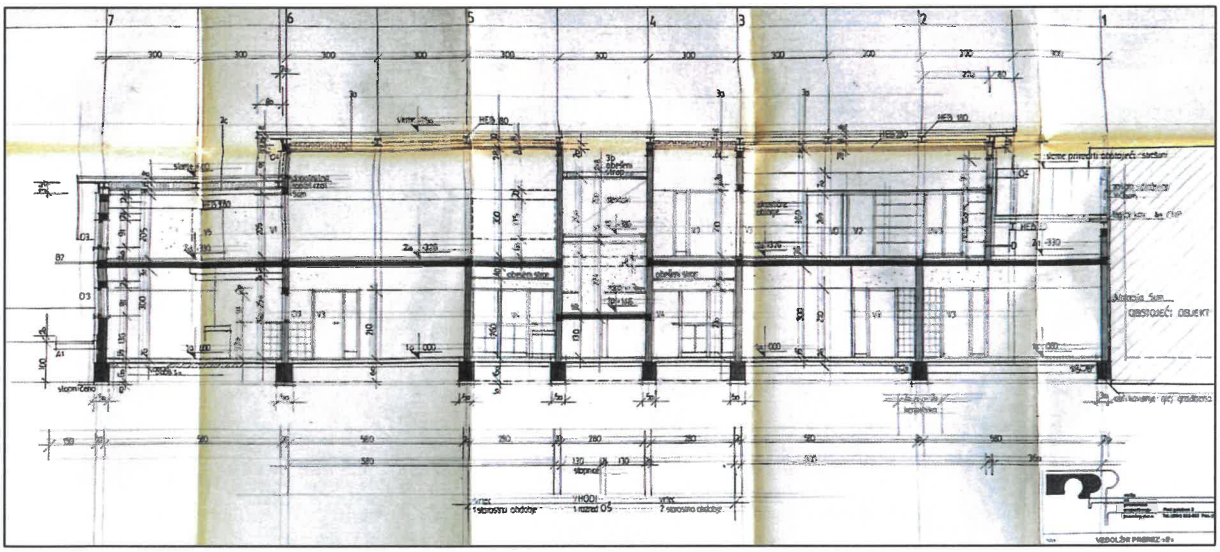
Objekt ima dvokapno streho z naklonom 12° sestavljeno iz jeklenih profilov. Špirovci so I profili HEB 120 na medsebojni razdalji 3,0 m, ki so naslonjeni na obodno steno na drugi strani pa na slemensko lego HEB 280.
Čez špirovce potekajo legice CNP 80 na medsebojni razdalji 1,0 m. Kritina je trapezna pločevina.



Slika 6: Tloris ostrešja Vrtca



Slika 7: Prečni prerez Vrtca


Slika 8: Vzdolžni prerez Vrtca

## 2. Analiza obtežb

Objekt je glede na datum izgradnje projektiran po standardih bivše SFRJ na obtežbo snega: 1,25 kN/m2.

SIST EN 1991-1-3 standard, ki je v uporabi danes, določa obtežbo snega glede na geografsko cono, nadmorsko višino in nacionalni dodatek.

Objekt stoji v coni A2 na nadmorski višini 550 m. Iz tega sledi:

**s = μi * ce * ct * sk**

μi... oblikovni koeficient obtežbe snega

ce... koeficient izpostavljenosti (za teren izpostavljen vetru je koef. 0,8, drugače 1)

ct... toplotni koeficient (za izolirane strehe je 1,0)

sk... karakteristična obtežba snega

s = 0,8*1,0*1,0*2,03 kN/m2 = **1,62 kN/m2**

V nadaljevanju je s programom Tower 8.5 preverjena nosilnost lesene strešne konstrukcije OŠ Žirovnica (leg 14/20 cm ter špirovcev 12/16 cm) ter Jeklena strešna konstrukcija prizidka vrtca.

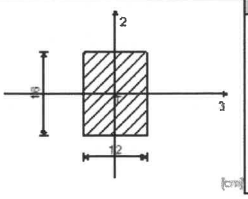
## Vhodni podatki - Konstrukcija

Tabele materialov

| No | Naziv materiala | E[kN/m2] | μ | γ[kN/m3] | αt[1/C] | Em[kN/m2] | μm |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | C24 | 1.100e+7 | 0.20 | 4.20 | 1.000e-5 | 1.100e+7 | 0.20 |

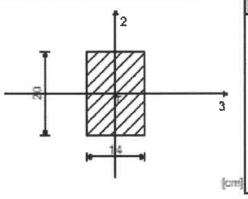
Seti gred

Set: 1 Prerez: b/d=12/16, Fiktivna ekscentričnost




| Mat. | A1 | A2 | A3 | I1 | I2 | I3 |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 - C24 | 1.920e-2 | 1.600e-2 | 1.600e-2 | 4.976e-5 | 2.304e-5 | 4.096e-5 |

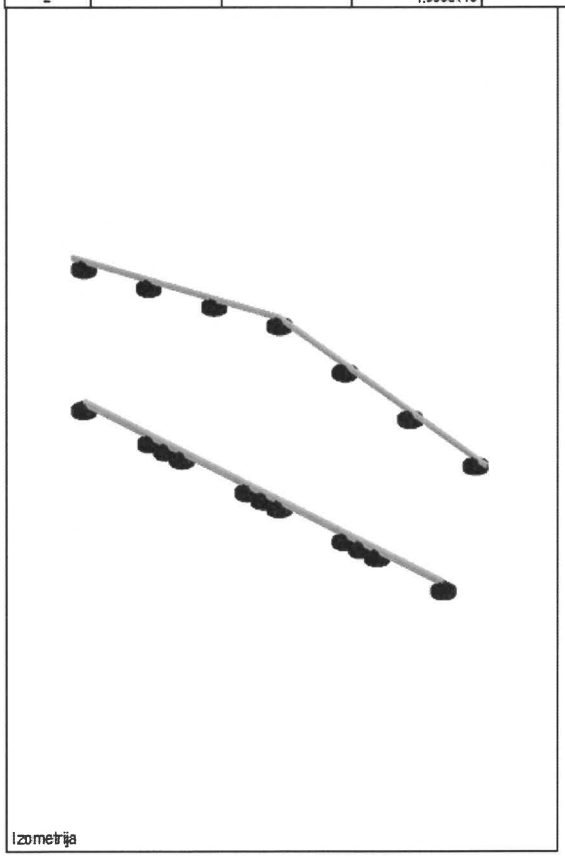
Set: 2 Prerez: b/d=14/20, Fiktivna ekscentričnost




| Mat. | A1 | A2 | A3 | I1 | I2 | I3 |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 - C24 | 2.800e-2 | 2.333e-2 | 2.333e-2 | 1.039e-4 | 4.575e-5 | 8.333e-5 |

Seti točkovnih podpor

| Set | K,R1 | K,R2 | K,R3 | K,M1 | K,M2 | K,M3 |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 1.000e+10 | 1.000e+10 | 1.000e+10 | | | |
| 2 | | | 1.000e+10 | | | |

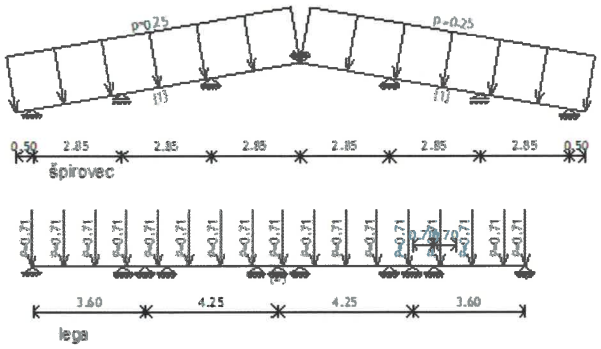


## *Vhodni podatki - Obtežba*

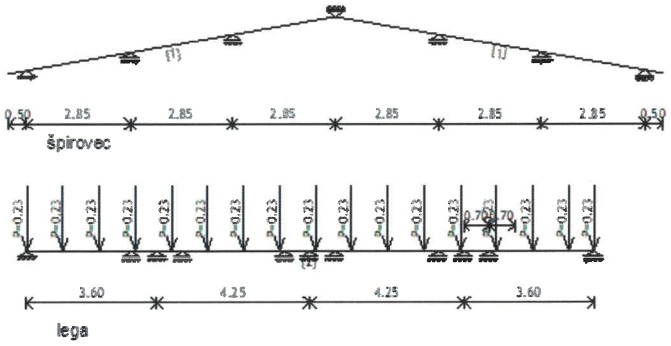
Lista obtežnih primerov

| LC | Naziv |
|---|---|
| 1 | lastna teža in krov (g) |
| 2 | špirovci |
| 3 | sneg |
| 4 | veter |
| 5 | sončna |
| 6 | Komb.: MSN (1.35xI+1.35xII+1.5xIII+1.5xIV+1.35xV) |
| 7 | Komb.: MSU (I+II+V) |

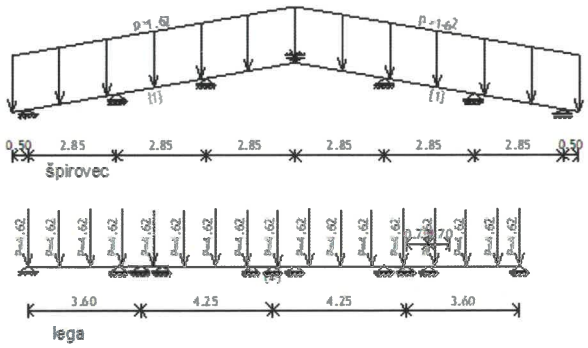
Obt. 1: lastna teža in krov (g)



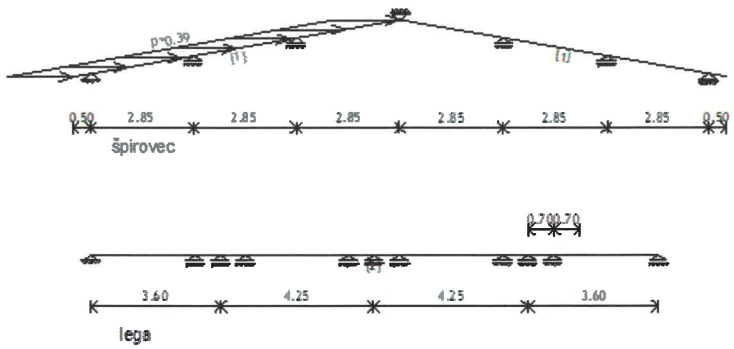

Obt. 2: špirovci



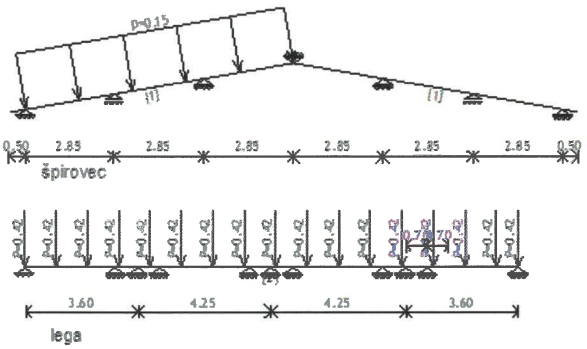

Obt. 3: sneg



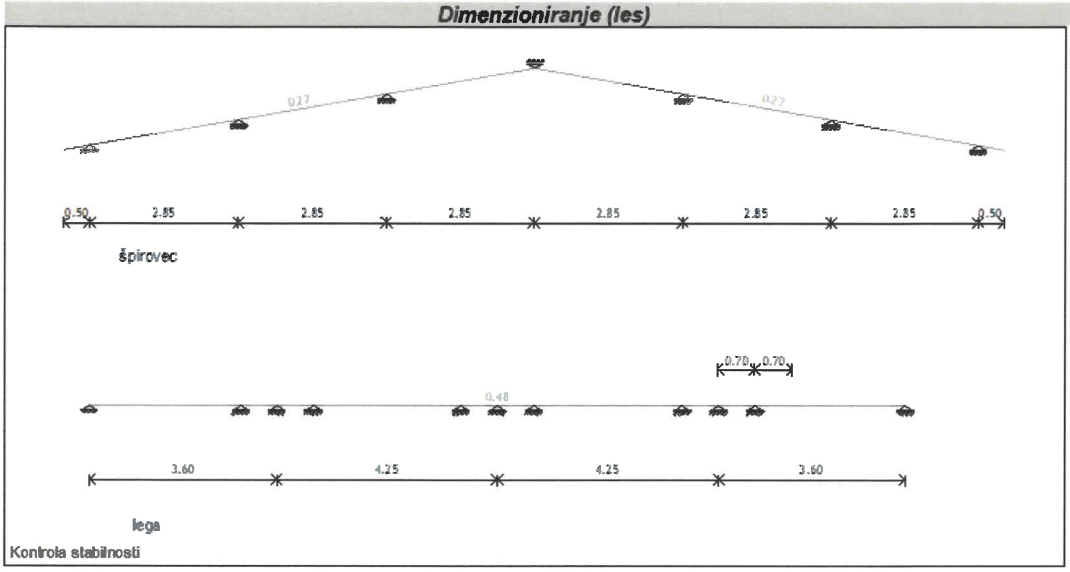
Obt. 4: veter




Obt. 5: sončna

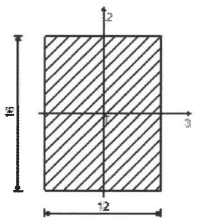


## Dimenzioniranje (les)




Kontrola stabilnosti

PALICA 5-15
Monoliten les - iglavci in mehki listavci - C24
Eksploatacijski razred 1
EUROCODE (EN 1995-1-1)




[cm]

FAKTORJI IZKORISCENOSTI PO KOMBINACIJAH OBTEZB
6. γ=0.27

KONTROLA NORMALNIH IN STRIŽNIH NAPETOSTI
(obtežni primer 6, na 340.0 cm od začetka palice)

| | | | |
|---|---|---|---|
| Računska osna sila | Ned = | 4.371 | kN |
| Prečna sila v smeri osi 2 | V2ed = | 5.335 | kN |
| Upogibni moment okoli osi 3 | M3ed = | 2.667 | kNm |

KONTROLA NAPETOSTI - NATEG IN UPOGIB
Vrsta obtežbe: osnovno - trenutno

| | | | |
|---|---|---|---|
| Korekcijski koeficient | Kmod = | 1.100 | |
| Parcialni koef. za karakteristike materiala | γm = | 1.300 | |
| Dodatek za elemente z malimi dimenzijami - os 2 | Kh_2 = | 1.046 | |
| Dodatek za elemente z malimi dimenzijami - os 3 | Kh_3 = | 1.000 | |
| Dodatek za elemente z malimi dimenzijami - nateg | Kh_t = | 1.046 | |
| Karakteristična natezna trdnost | ft,0,k = | 14.000 | MPa |
| Računska natezna trdnost | ft,0,d = | 12.387 | MPa |
| Faktor oblik (za pravokotni prerez) | km = | 0.700 | |
| Karakteristična upogibna trdnost | fm,k = | 24.000 | MPa |
| Računska upogibna trdnost - os 2 | fm,2,d = | 21.235 | MPa |
| Računska upogibna trdnost - os 3 | fm,3,d = | 20.308 | MPa |
| Normalna natezna napetost | σt,0,d = | 0.228 | MPa |
| Odpornostni moment | W3 = | 512.00 | cm3 |
| Normalna upogibna napetost okoli osi 3 | σm3,d = | 5.208 | MPa |

**σm3,d <= fm,3,d (5.208 <= 20.308)**
Izkoriščenost prereza je 25.6%

**σt,0,d / ft,0,d + km x (σm3,d / fm,3,d) + σm2,d / fm,2,d <= 1**
**(0.198 <= 1)**
Izkoriščenost prereza je 19.8%

**σt,0,d / ft,0,d + σm3,d / fm,3,d + km x (σm2,d / fm,2,d) <= 1**
**(0.275 <= 1)**
Izkoriščenost prereza je 27.5%

KONTROLA NAPETOSTI - STRIG
Vrsta obtežbe: osnovno - trenutno

| | | | |
|---|---|---|---|
| Korekcijski koeficient | Kmod = | 1.100 | |

| | | |
|---|---|---|
| Parcialni koef. za karakteristike materiala | γm = | 1.300 |
| Karakteristična strižna napetost | fv,k = | 4.000 MPa |
| Računska strižna trdnost | fv,d = | 3.385 MPa |
| Površina prečnega prereza | A = | 192.00 cm2 |
| Dejanska strižna napetost(os 2) | τ2,d = | 0.417 MPa |

**τ2,d <= fv,d (0.417 <= 3.385)**

Izkoriščenost prereza je 12.3%

DOKAZ BOCNE STABILNOSTI

| | | |
|---|---|---|
| Vrsta obtežbe: osnovno - trenutno | | |
| Korekcijski koeficient | Kmod = | 1.100 |
| Parcialni koef. za karakteristike materiala | γm = | 1.300 |
| Razmak pridržanih točk pravokotno na smer osi 2 | lef = | 918.46 cm |
| 5% fraktil modula E paralelno z vlakni | E0.05 = | 7400.0 MPa |
| 5% fraktil strižnega modula G | G0.05 = | 460.00 MPa |
| Torzijski vztrajnostni moment | Itor = | 4948.2 cm4 |
| Vztrajnostni moment | I2 = | 2304.0 cm4 |
| Odpornostni moment | W3 = | 512.00 cm3 |
| Kritična napetost uklona | σm,crit = | 41.618 MPa |
| Relativna vitkost za uklon | λrel = | 0.759 |
| Koeficient | k_krit = | 0.990 |
| Normalna upogibna napetost okoli osi 3 | σm3,d = | 5.208 MPa |

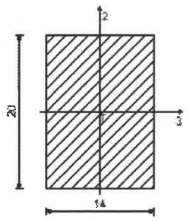
**σm,3,d <= k_krit x fm,3,d (5.208 <= 20.114)**

Izkoriščenost prereza je 25.9%

---

**PALICA 1-16**
**Monolitni les - iglavci in mehki listavci - C24**
Eksploatacijski razred 1
EUROCODE (EN 1995-1-1)

---




[cm]

FAKTORJI IZKORISCENOSTI PO KOMBINACIJAH OBTEZB
6. γ=0.48

KONTROLA NORMALNIH NAPETOSTI
(obtežni primer 6, na 1280.0 cm od začetka palice)

| | | |
|---|---|---|
| Prečna sila v smeri osi 2 | V2ed = | 14.681 kN |
| Upogibni moment okoli osi 3 | M3ed = | 7.774 kNm |

KONTROLA NAPETOSTI - UPOGIB

| | | |
|---|---|---|
| Vrsta obtežbe: osnovno - trenutno | | |
| Korekcijski koeficient | Kmod = | 1.100 |
| Parcialni koef. za karakteristike materiala | γm = | 1.300 |
| Dodatek za elemente z malimi dimenzijami - os 2 | Kh_2 = | 1.014 |
| Dodatek za elemente z malimi dimenzijami - os 3 | Kh_3 = | 1.000 |
| Faktor oblik (za pravokotni prerez) | km = | 0.700 |
| Karakteristična upogibna trdnost | fm,k = | 24.000 MPa |
| Računska upogibna trdnost - os 2 | fm,2,d = | 20.590 MPa |
| Računska upogibna trdnost - os 3 | fm,3,d = | 20.308 MPa |
| Odpornostni moment | W3 = | 933.33 cm3 |
| Normalna upogibna napetost okoli osi 3 | σm3,d = | 8.329 MPa |

**σm3,d <= fm,3,d (8.329 <= 20.308)**

Izkoriščenost prereza je 41.0%

DOKAZ BOCNE STABILNOSTI

| | | |
|---|---|---|
| Vrsta obtežbe: osnovno - trenutno | | |
| Korekcijski koeficient | Kmod = | 1.100 |
| Parcialni koef. za karakteristike materiala | γm = | 1.300 |
| Razmak pridržanih točk pravokotno na smer osi 2 | lef = | 1570.0 cm |
| 5% fraktil modula E paralelno z vlakni | E0.05 = | 7400.0 MPa |
| 5% fraktil strižnega modula G | G0.05 = | 460.00 MPa |
| Torzijski vztrajnostni moment | Itor = | 10308 cm4 |
| Vztrajnostni moment | I2 = | 4573.3 cm4 |
| Odpornostni moment | W3 = | 933.33 cm3 |
| Kritična napetost uklona | σm,crit = | 27.159 MPa |
| Relativna vitkost za uklon | λrel = | 0.940 |
| Koeficient | k_krit = | 0.855 |
| Normalna upogibna napetost okoli osi 3 | σm3,d = | 8.329 MPa |

**σm,3,d <= k_krit x fm,3,d (8.329 <= 17.362)**

Izkoriščenost prereza je 48.0%

KONTROLA STRIZNIH NAPETOSTI
(obtežni primer 6, na 280.0 cm od začetka palice)

| | | |
|---|---|---|
| Prečna sila v smeri osi 2 | V2ed = | -20.547 kN |

KONTROLA NAPETOSTI - STRIG

| | | |
|---|---|---|
| Vrsta obtežbe: osnovno - trenutno | | |
| Korekcijski koeficient | Kmod = | 1.100 |
| Parcialni koef. za karakteristike materiala | γm = | 1.300 |
| Karakteristična strižna napetost | fv,k = | 4.000 MPa |
| Računska strižna trdnost | fv,d = | 3.385 MPa |
| Površina prečnega prereza | A = | 280.00 cm2 |
| Dejanska strižna napetost(os 2) | τ2,d = | 1.101 MPa |

**τ2,d <= fv,d (1.101 <= 3.385)**

Izkoriščenost prereza je 32.5%

---

Račun pokaže izkoriščenost špirovcev pri mejnem stanju nosilnosti 27%, leg pa 48 %. Lesena streha je torej dovolj nosilna za dodatno obtežbo fotovoltaične elektrarne naležne izvedbe obtežbe do 0,15 kN/m2.

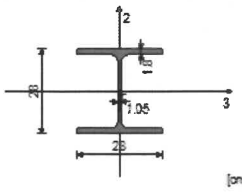
## *Vhodni podatki - Konstrukcija*

**Tabele materialov**

| No | Naziv materiala | E[kN/m2] | μ | γ[kN/m3] | α[1/C] | Em[kN/m2] | μm |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | Jeklo | 2.100e+8 | 0.30 | 78.50 | 1.000e-5 | 2.100e+8 | 0.30 |

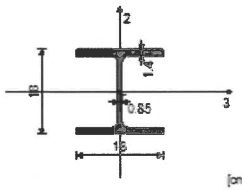
**Seti gred**

Set: 1 Prerez: IPB 280, Fiktivna ekscentričnost



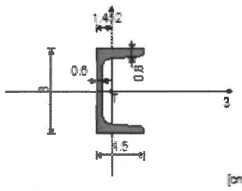

| Mat. | A1 | A2 | A3 | I1 | I2 | I3 |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 - Jeklo | 1.314e-2 | 4.109e-3 | 1.008e-2 | 1.171e-6 | 6.588e-5 | 1.926e-4 |

Set: 2 Prerez: IPB 180, Fiktivna ekscentričnost




| Mat. | A1 | A2 | A3 | I1 | I2 | I3 |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 - Jeklo | 6.525e-3 | 2.024e-3 | 5.040e-3 | 3.568e-7 | 1.361e-5 | 3.829e-5 |

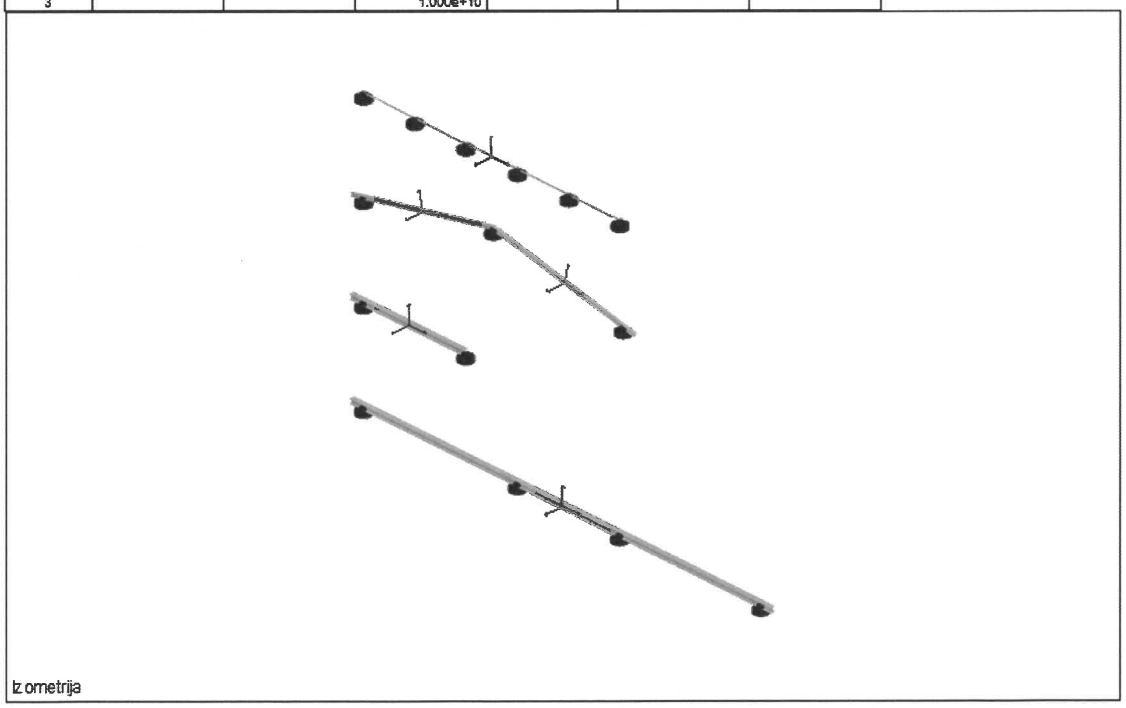
Set: 3 Prerez: [ 80, Fiktivna ekscentričnost




| Mat. | A1 | A2 | A3 | I1 | I2 | I3 |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 - Jeklo | 1.100e-3 | 4.600e-4 | 6.400e-4 | 2.180e-8 | 1.940e-7 | 1.060e-6 |

**Seti točkovnih podpor**

| Set | K,R1 | K,R2 | K,R3 | K,M1 | K,M2 | K,M3 |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 1.000e+10 | 1.000e+10 | 1.000e+10 | | | |
| 2 | 1.000e+10 | 1.000e+10 | 1.000e+10 | 1.000e+10 | 1.000e+10 | 1.000e+10 |
| 3 | | | 1.000e+10 | | | |



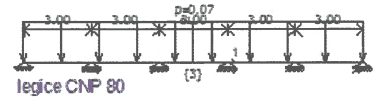
Izometrija

## *Vhodni podatki - Obtežba*

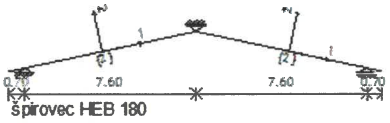
Lista obtežnih primerov

| LC | Naziv |
|---|---|
| 1 | trapezna pločevina (g) |
| 2 | krov (g) |
| 3 | legice |
| 4 | špirovec |
| 5 | sneg |
| 6 | sončna |
| 7 | Komb.: MSN (1.35xI+1.35xII+1.35xIII+1.35xIV+1.5xV+ +1.35xVI) |
| 8 | Komb.: MSU (I+II+III+IV+VI) |

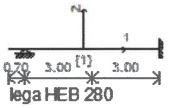
Obt. 1: trapezna pločevina (g)



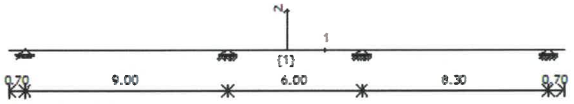

legice CNP 80




špirovec HEB 180

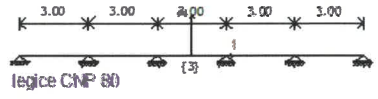



lega HEB 280

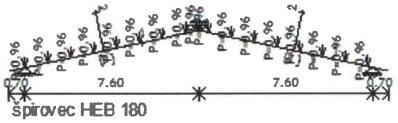



lega HEB 280

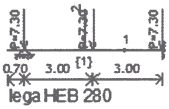
Obt. 2: krov (g)



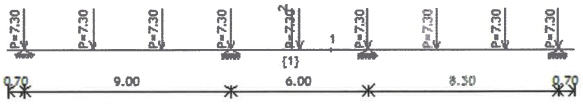

legice CNP 80




špirovec HEB 180

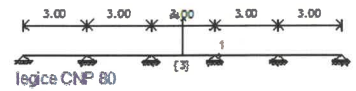



lega HEB 280

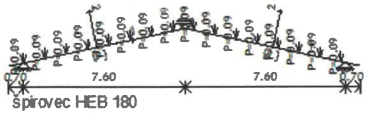



lega HEB 280

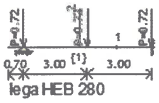
Obt. 3: legice



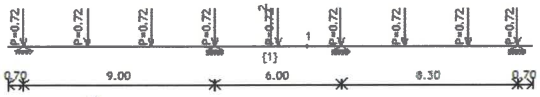

legice CNP 80




špirovec HEB 180

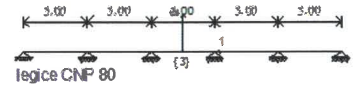



lega HEB 280

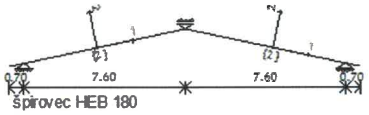



lega HEB 280

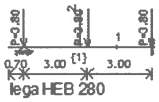
Obt. 4: špirovec



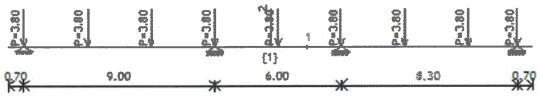

legice CNP 80




špirovec HEB 180

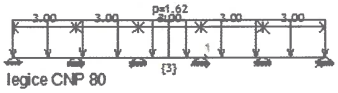



lega HEB 280

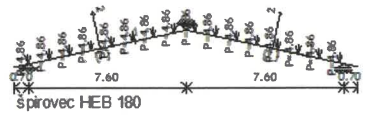



lega HEB 280

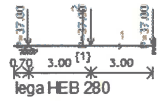
Obt. 5: sneg



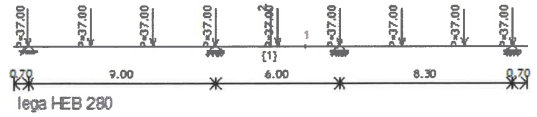

legice CNP 80




špirovec HEB 180

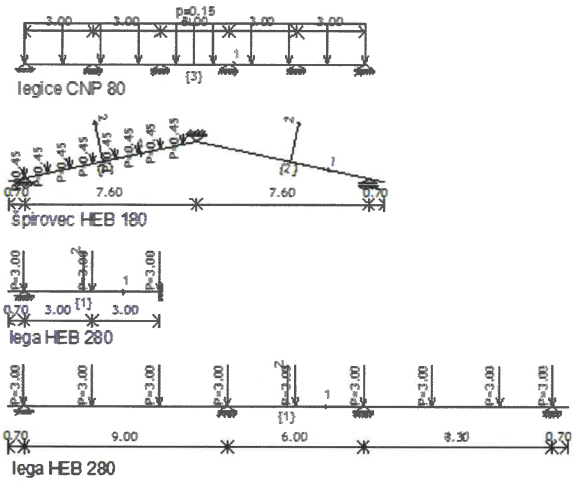



lega HEB 280



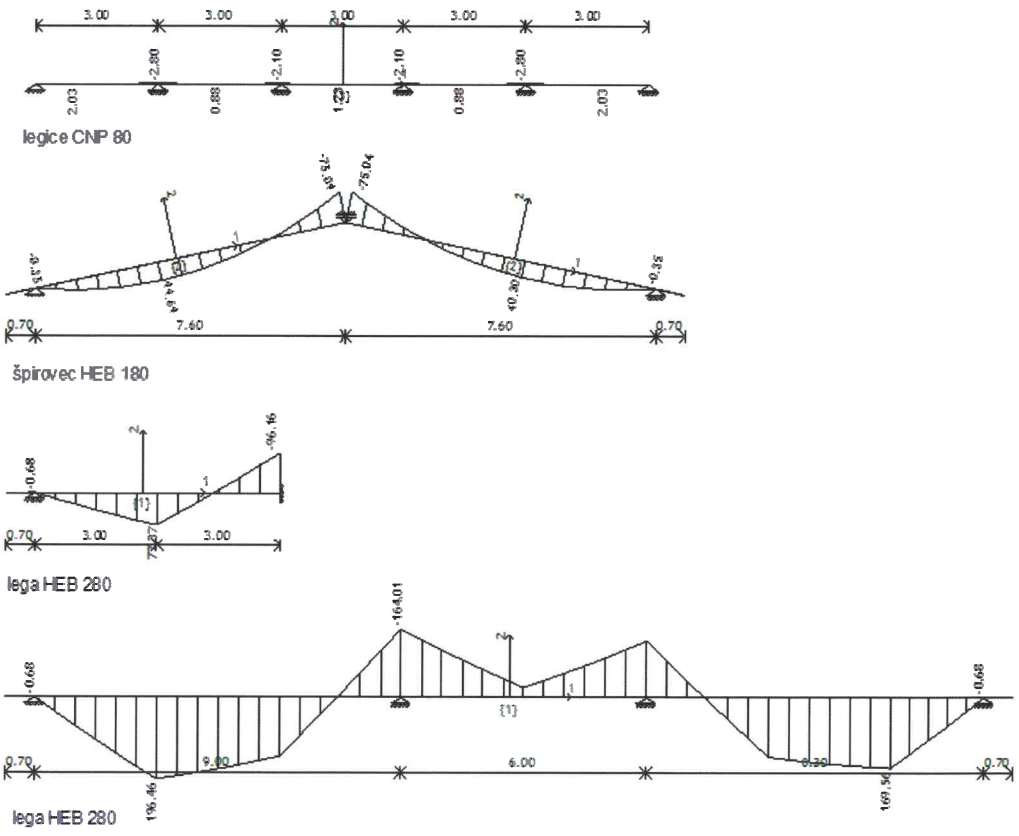

lega HEB 280

Obt. 6: sončna



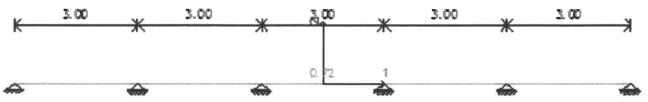

## *Statični preračun*

Obt. 7: MSN

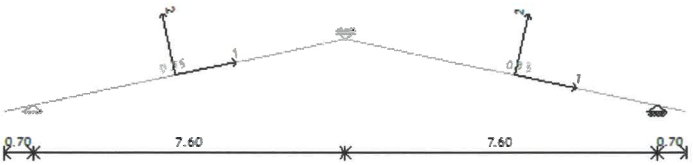



Vplivi v gredi: max M3= 196.46 / min M3= -164.01 kNm

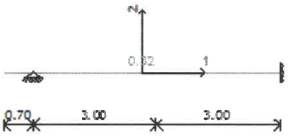
## *Dimenzioniranje (jeklo)*



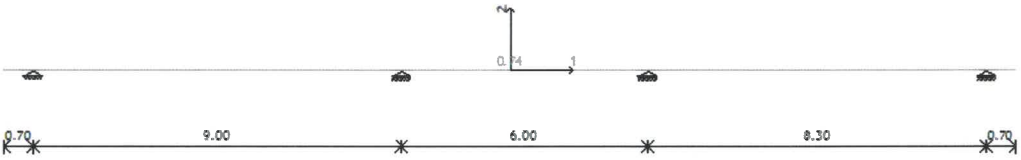

legice CNP 80




Špirovec HEB 180




lega HEB 280

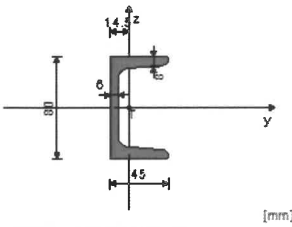



lega HEB 280

Kontrola stabilnosti

**PALICA 20-9**
PREČNI PREREZ: [ 80 [S 235] [Set: 3]
EUROCODE 3 (EN 1993-1-1:2005)

GEOMETRIJSKE KARAKTERISTIKE prereza




[mm]

(fy = 23.5 kN/cm2, fu = 36.0 kN/cm2)

| | | |
|---|---|---|
| Ax = | 11.000 | cm2 |
| Ay = | 6.400 | cm2 |
| Az = | 4.600 | cm2 |
| Ix = | 2.160 | cm4 |
| Iy = | 106.00 | cm4 |
| Iz = | 19.400 | cm4 |
| Wy = | 26.500 | cm3 |
| Wz = | 6.361 | cm3 |
| Wy,pl = | 32.084 | cm3 |
| Wz,pl = | 13.284 | cm3 |
| γM0 = | 0.500 | |
| γM1 = | 1.050 | |
| γM2 = | 1.250 | |
| Anet/A = | 0.900 | |

FAKTORJI IZKORIŠČENOSTI PO KOMBINACIJAH OBTEŽB
7. γ=0.72

PALICA IZPOSTAVLJENA UPOGIBU
(obtežni primer 7, na 300.0 cm od začetka palice)

| | | |
|---|---|---|
| Prečna sila v z smeri | VEd,z = | 5.374 kN |
| Upogibni moment okoli y osi | MEd,y = | -2.800 kNm |
| Sistemska dolžina palice | L = | 1500.0 cm |

5.5 KLASIFIKACIJA PREČNIH PREREZOV
Razred prereza 1

6.2 NOSILNOST PREČNIH PREREZOV
6.2.5 Upogib y-y
Plastični odpornostni moment — Wy,pl = 32.084 cm3
Računska nosilnost na upogib — Mc,Rd = 15.070 kNm
**Pogoj 6.12: MEd,y <= Mc,Rd,y (2.80 <= 15.07)**

6.2.6 Strig
Računska strižna nosilnost — Vpl,Rd,z = 124.82 kN
Računska strižna nosilnost — Vc,Rd,z = 124.82 kN
**Pogoj 6.17: VEd,z <= Vc,Rd,z (5.37 <= 124.82)**

6.2.8 Upogib in strig
Ni potrebno zmanjšanje upogibne nosilnosti
Pogoj: VEd,z <= 50%Vpl,Rd,z

6.3 NOSILNOST ELEMENTA NA UKLON
6.3.2.1 Nosilnost na bočno-torzijski uklon

| | | |
|---|---|---|
| Koeficient | C1 = | 1.132 |
| Koeficient | C2 = | 0.459 |
| Koeficient | C3 = | 0.525 |
| Koef.ukl.dolžine za uklon | k = | 1.000 |
| Koef.ukl.dolžine za vbočenje | kw = | 1.000 |
| Koordinata | zg = | 0.000 cm |
| Koordinata | zj = | 0.000 cm |
| Razmak med bočnimi podporami | L = | 300.00 cm |
| Sektorski vztrajnostni moment | Iw = | 237.29 cm6 |
| Krit.moment bočne zvrnitve | Mcr = | 10.149 kNm |
| Ustrezni odpornostni moment | Wy = | 32.084 cm3 |
| Koeficient imperf. | αLT = | 0.760 |
| Brezdimenz.vitkost | λLT_= | 0.862 |
| Koeficient zmanjšanja (6.3.2.2.) | χLT = | 0.543 |
| Računska uklonska nosilnost | Mb,Rd = | 3.895 kNm |

**Pogoj 6.54: MEd,y <= Mb,Rd (2.80 <= 3.90)**

**Pogoj 6.5: NEd <= Nt,Rd (10.32 <= 1522.19)**

6.2.5 Upogib y-y
Upoštevajo se tudi luknje za vezna sredstva.
Efektivni odpornostni moment — Wy,eff = 265.05 cm3
Računska nosilnost na upogib — Mc,Rd = 124.57 kNm
**Pogoj 6.12: MEd,y <= Mc,Rd,y (75.04 <= 124.57)**

6.2.6 Strig
Računska strižna nosilnost — Vpl,Rd,z = 549.26 kN
Računska strižna nosilnost — Vc,Rd,z = 549.26 kN
**Pogoj 6.17: VEd,z <= Vc,Rd,z (48.43 <= 549.26)**

6.2.10 Upogib z osno in prečno silo
Ni potrebno zmanjšanje upogibne nosilnosti
Pogoj: VEd,z <= 50%Vpl,Rd,z

6.2.9 Upogib in osna sila

| | | |
|---|---|---|
| Razmerje NEd / Npl.Rd | | 0.003 |
| Zmanjšana plast.upogibna nosilnost | MN,y,Rd = | 224.48 kNm |
| Koeficient | α = | 1.000 |
| Razmerje (My,Ed / MN,y,Rd)^α | | 0.334 |

**Pogoj 6.41: (0.33 <= 1)**

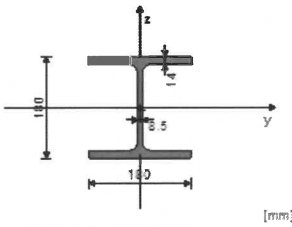
6.3 NOSILNOST ELEMENTA NA UKLON
6.3.2.1 Nosilnost na bočno-torzijski uklon

| | | |
|---|---|---|
| Koeficient | C1 = | 1.285 |
| Koeficient | C2 = | 1.562 |
| Koeficient | C3 = | 0.753 |
| Koef.ukl.dolžine za uklon | k = | 1.000 |
| Koef.ukl.dolžine za vbočenje | kw = | 1.000 |
| Koordinata | zg = | 0.000 cm |
| Koordinata | zj = | 0.000 cm |
| Razmak med bočnimi podporami | L = | 848.65 cm |
| Sektorski vztrajnostni moment | Iw = | 93746 cm6 |
| Krit.moment bočne zvrnitve | Mcr = | 142.78 kNm |
| Ustrezni odpornostni moment | Wy = | 477.62 cm3 |
| Koeficient imperf. | αLT = | 0.210 |
| Brezdimenz.vitkost | λLT_= | 0.887 |
| Koeficient zmanjšanja (6.3.2.2.) | χLT = | 0.743 |
| Računska uklonska nosilnost | Mb,Rd = | 79.389 kNm |

**Pogoj 6.54: MEd,y <= Mb,Rd (75.04 <= 79.39)**

**PALICA 12-6**
PREČNI PREREZ: IPB 180 [S 235] [Set: 2]
EUROCODE 3 (EN 1993-1-1:2005)

GEOMETRIJSKE KARAKTERISTIKE prereza




[mm]

(fy = 23.5 kN/cm2, fu = 36.0 kN/cm2)

| | | |
|---|---|---|
| Ax = | 65.251 | cm2 |
| Ay = | 50.400 | cm2 |
| Az = | 20.241 | cm2 |
| Ix = | 35.679 | cm4 |
| Iy = | 3828.5 | cm4 |
| Iz = | 1361.2 | cm4 |
| Wy = | 425.39 | cm3 |
| Wz = | 151.24 | cm3 |
| Wy,pl = | 477.62 | cm3 |
| Wz,pl = | 226.80 | cm3 |
| γM0 = | 0.500 | |
| γM1 = | 1.050 | |
| γM2 = | 1.250 | |
| Anet/A = | 0.900 | |

FAKTORJI IZKORIŠČENOSTI PO KOMBINACIJAH OBTEŽB
7. γ=0.94

PALICA IZPOSTAVLJENA NATEGU IN UPOGIBU
(obtežni primer 7, konec palice)

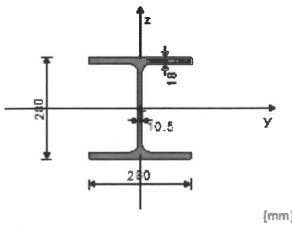
| | | |
|---|---|---|
| Računska osna sila | NEd = | 10.324 kN |
| Prečna sila v z smeri | VEd,z = | 48.432 kN |
| Upogibni moment okoli y osi | MEd,y = | -75.042 kNm |
| Sistemska dolžina palice | L = | 848.65 cm |

5.5 KLASIFIKACIJA PREČNIH PREREZOV
Razred prereza 1

6.2 NOSILNOST PREČNIH PREREZOV
6.2.3 Nateg
Plast.rač.nosilnost bruto prereza — Npl,Rd = 3066.8 kN
Mejna rač.nosilnost neto prereza — Nu,Rd = 1522.2 kN
Računska nos. na nateg — Nt,Rd = 1522.2 kN

**PALICA 8-3**
PREČNI PREREZ: IPB 280 [S 235] [Set: 1]
EUROCODE 3 (EN 1993-1-1:2005)

GEOMETRIJSKE KARAKTERISTIKE prereza




[mm]

(fy = 23.5 kN/cm2, fu = 36.0 kN/cm2)

| | | |
|---|---|---|
| Ax = | 131.36 | cm2 |
| Ay = | 100.80 | cm2 |
| Az = | 41.094 | cm2 |
| Ix = | 117.10 | cm4 |
| Iy = | 19280 | cm4 |
| Iz = | 6587.6 | cm4 |
| Wy = | 1375.7 | cm3 |
| Wz = | 470.54 | cm3 |
| Wy,pl = | 1518.8 | cm3 |
| Wz,pl = | 705.60 | cm3 |
| γM0 = | 0.500 | |
| γM1 = | 1.050 | |
| γM2 = | 1.250 | |
| Anet/A = | 0.900 | |

FAKTORJI IZKORIŠČENOSTI PO KOMBINACIJAH OBTEŽB
7. γ=0.32

PALICA IZPOSTAVLJENA UPOGIBU
(obtežni primer 7, konec palice)

| | | |
|---|---|---|
| Prečna sila v z smeri | VEd,z = | 62.020 kN |
| Upogibni moment okoli y osi | MEd,y = | -96.164 kNm |
| Sistemska dolžina palice | L = | 670.00 cm |

5.5 KLASIFIKACIJA PREČNIH PREREZOV
Razred prereza 1

6.2 NOSILNOST PREČNIH PREREZOV
6.2.5 Upogib y-y
Upoštevajo se tudi luknje za vezna sredstva.
Efektivni odpornostni moment — Wy,eff = 847.88 cm3
Računska nosilnost na upogib — Mc,Rd = 398.50 kNm
**Pogoj 6.12: MEd,y <= Mc,Rd,y (96.16 <= 398.50)**

6.2.6 Strig
Računska strižna nosilnost — Vpl,Rd,z = 1115.1 kN
Računska strižna nosilnost — Vc,Rd,z = 1115.1 kN
**Pogoj 6.17: VEd,z <= Vc,Rd,z (62.02 <= 1115.12)**

6.2.8 Upogib in strig
Ni potrebno zmanjšanje upogibne nosilnosti
Pogoj: VEd,z <= 50%Vpl,Rd,z

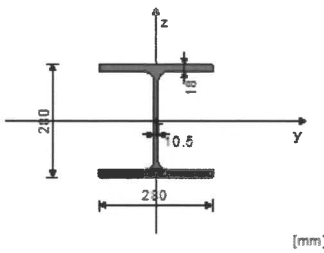
6.3 NOSILNOST ELEMENTA NA UKLON
6.3.2.1 Nosilnost na bočno-torzijski uklon

| | | |
|---|---|---|
| Koeficient | C1 = | 1.565 |
| Koeficient | C2 = | 1.267 |
| Koeficient | C3 = | 2.640 |

| | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Koef.ukl.dolžine za uklon | k = | 1.000 | | Koeficient imperf. | αLT = | 0.210 |
| Koef.ukl.dolžine za vbočenje | kw = | 1.000 | | Brezdimenz.vitkost | λLT_ = | 0.584 |
| Koordinata | zg = | 0.000 cm | | Koeficient zmanjšanja (6.3.2.2.) | χLT = | 0.896 |
| Koordinata | zj = | 0.000 cm | | Računska uklonska nosilnost | Mb,Rd = | 304.52 kNm |
| Razmak med bočnimi podporami | L = | 670.00 cm | | **Pogoj 6.54: MEd,y <= Mb,Rd (96.16 <= 304.52)** | | |
| Sektorski vztrajnostni moment | Iw = | 1.13e+6 cm6 | | | | |
| Krit.moment bočne zvrnitve | Mcr = | 1045.6 kNm | | | | |
| Ustrezni odpornostni moment | Wy = | 1518.8 cm3 | | | | |

PALICA 16-1
PREČNI PREREZ. IPB 280 [S 235] [Set: 1]
EUROCODE 3 (EN 1993-1-1:2005)

GEOMETRIJSKE KARAKTERISTIKE prereza




[mm]

(fy = 23.5 kN/cm2, fu = 36.0 kN/cm2)

| | | |
|---|---|---|
| Ax = | 131.36 | cm2 |
| Ay = | 100.80 | cm2 |
| Az = | 41.094 | cm2 |
| Ix = | 117.10 | cm4 |
| Iy = | 19260 | cm4 |
| Iz = | 6587.6 | cm4 |
| Wy = | 1375.7 | cm3 |
| Wz = | 470.54 | cm3 |
| Wy,pl = | 1518.8 | cm3 |
| Wz,pl = | 705.60 | cm3 |
| γM0 = | 0.500 | |
| γM1 = | 1.050 | |
| γM2 = | 1.250 | |
| Aneto/A = | 0.900 | |

FAKTORJI IZKORIŠČENOSTI PO KOMBINACIJAH OBTEŽB
7. γ=0.74

PALICA IZPOSTAVLJENA UPOGIBU
(obtežni primer 7, na 370.0 cm od začetka palice)

| | | |
|---|---|---|
| Prečna sila v z smeri | VEd,z = | 13.971 kN |
| Upogibni moment okoli y osi | MEd,y = | 196.46 kNm |
| Sistemska dolžina palice | L = | 2470.0 cm |

5.5 KLASIFIKACIJA PREČNIH PREREZOV
Razred prereza 1

6.2 NOSILNOST PREČNIH PREREZOV
6.2.5 Upogib y-y
Upoštevajo se tudi luknje za vezne sredstva.

| | | |
|---|---|---|
| Efektivni odpornostni moment | Wy,eff = | 847.88 cm3 |
| Računska nosilnost na upogib | Mc,Rd = | 398.50 kNm |
| **Pogoj 6.12: MEd,y <= Mc,Rd,y (196.46 <= 398.50)** | | |

6.2.6 Strig

| | | |
|---|---|---|
| Računska strižna nosilnost | Vpl,Rd,z = | 1115.1 kN |
| Računska strižna nosilnost | Vc,Rd,z = | 1115.1 kN |
| **Pogoj 6.17: VEd,z <= Vc,Rd,z (13.97 <= 1115.12)** | | |

6.2.8 Upogib in strig
Ni potrebno zmanjšanje upogibne nosilnosti
Pogoj: VEd,z <= 50%Vpl,Rd,z

6.3 NOSILNOST ELEMENTA NA UKLON
6.3.2.1 Nosilnost na bočno-torzijski uklon

| | | |
|---|---|---|
| Koeficient | C1 = | 1.132 |
| Koeficient | C2 = | 0.459 |
| Koeficient | C3 = | 0.525 |
| Koef.ukl.dolžine za uklon | k = | 1.000 |
| Koef.ukl.dolžine za vbočenje | kw = | 1.000 |
| Koordinata | zg = | 0.000 cm |
| Koordinata | zj = | 0.000 cm |
| Razmak med bočnimi podporami | L = | 900.00 cm |
| Sektorski vztrajnostni moment | Iw = | 1.13e+6 cm6 |
| Krit.moment bočne zvrnitve | Mcr = | 516.48 kNm |
| Ustrezni odpornostni moment | Wy = | 1518.8 cm3 |
| Koeficient imperf. | αLT = | 0.210 |
| Brezdimenz.vitkost | λLT_ = | 0.831 |
| Koeficient zmanjšanja (6.3.2.2.) | χLT = | 0.777 |
| Računska uklonska nosilnost | Mb,Rd = | 264.23 kNm |
| **Pogoj 6.54: MEd,y <= Mb,Rd (196.46 <= 264.23)** | | |

KONTROLA STRIŽNE NOSILNOSTI
(obtežni primer 7, na 970.0 cm od začetka palice)

| | | |
|---|---|---|
| Prečna sila v z smeri | VEd,z = | 106.18 kN |
| Upogibni moment okoli y osi | MEd,y = | -164.01 kNm |
| Sistemska dolžina palice | L = | 2470.0 cm |

6.2 NOSILNOST PREČNIH PREREZOV
6.2.6 Strig

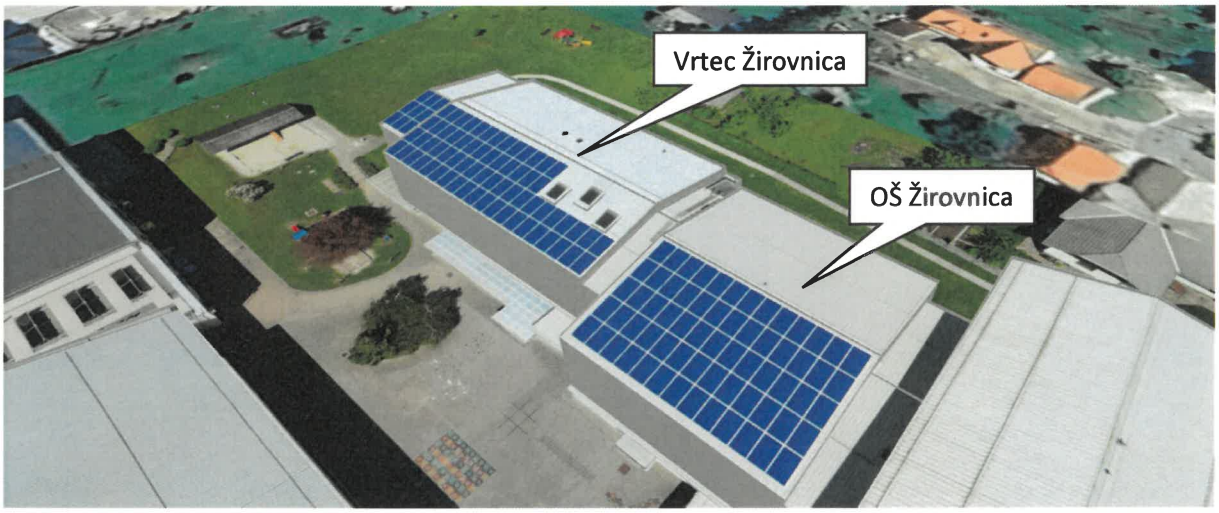
| | | |
|---|---|---|
| Računska strižna nosilnost | Vpl,Rd,z = | 1115.1 kN |
| Računska strižna nosilnost | Vc,Rd,z = | 1115.1 kN |
| **Pogoj 6.17: VEd,z <= Vc,Rd,z (106.18 <= 1115.12)** | | |

Račun pokaže naslednji izkoriščenosti jeklenih prerezov pri mejnem stanju nosilnosti:

- Legice CNP 80 72%
- Špirovec HEB 180 95%
- Lega HEB 280 74%

Streha prizidka vrtca je torej dovolj nosilna za dodatno obtežbo fotovoltaične elektrarne naležne izvedbe obtežbe do 0,15 kN/m2.

## 3.) Zaključek




Slika 9: Prikaz postavitve fotovoltaičnih modulov

Lesena streha OŠ Žirovnica in jeklena streha prizidka vrtca sta primerni za postavitev fotovoltaičnie elektrarne naležne izvedbe obtežbe do 0,15 kN/m2.

Priporočena je uporaba snegobranov med vrstami modulov, kot je to prikazano na spodnji sliki.



Slika 10: Primer snegobranov med moduli.

Izdelal: Luka Žugič, dipl. inž. gradb., GIRI d.o.o

Pooblaščeni inženir: Igor Žugič, univ. dipl. inž. gradb., GIRI d.o.o.