

PRORAČUN DRVENE KONSTRUKCIJE OSMATRAČNICE

1. Statički sistem

Pretpostavljene dimenzije poprečnih presjeka elemenata konstrukcije:

- Rog – 12x14 cm
- Stub – 16x16 cm
- Krovna greda – 16x16 cm
- Rigla MK – 8x12 cm
- Međuspratna greda – 16x16 cm
- Kosnik – 6 x 6 cm
- Dijagonale – 8 x 12 cm
- Fasadne daske – 2,4 x 15 cm
- Patosne daske – 3,2 x 15 cm

Usvaja se drvena konstrukcija klase II, od četinarara. Na osnovu toga, dopušteni naponi su:

- Na savijanje $\sigma_{sd} = 10,0$ MPa;
- Na pritisak $\sigma_{pd} = 8,5$ MPa;
- Na zatezanje $\sigma_{zd} = 8,5$ MPa;
- Na pritisak upravno na vlakna $\sigma_{\perp pd} = 2,0$ MPa;
- Na smicanje paralelno vlaknima $\tau_{\parallel pd} = 0,9$ MPa;
- Na smicanje upravno na vlakna $\tau_{\perp d} = 1,2$ MPa;

Statički sistem je prostorni ortogonalni ram na jednom polju sa unakrsnim spregovima – dato na sljedećim stranama.

2. Analiza opterećenja

Zapreminska težina drveta usvaja se $\gamma_d = 6 \text{ kN/m}^3$. Međutim, ta težina se povećava sa povećava sa povećanjem vlažnosti. Tada se zapreminska težina sračunava prema

$$\gamma_u = \frac{Gu}{Vu} = \frac{Go(1 + \mu)}{Vo(1 + a_{vu})},$$

Gdje su:

G_u – težina drveta sa sadržajem vlage

G_o – težina potpuno suvog drveta ($\gamma_d \times V_o$)

μ – vlaga u procentima (usvaja se maksimalna vlaga od 20%, jer je konstrukcija zaštićena i nalazi se u relativnoj suvoj sredini)

V_u – zapremina drveta sa sadržajem vlage

V_o – zapremina potpuno suvog drveta

a_{vu} – koeficijent zapreminskog bubrenja, koji za sadržaj vlage od 20%, iznosi 8%.

Pa je $\gamma_u = 6,67 \text{ kN/m}^3$.

Programski paket SAP 2000, u kome je urađen prostorni proračunski model krovne konstrukcije, automatski računa uticaje od sopstvene težine, a s obzirom na datu zapreminsku težinu i dimenzije konstruktivnih elemenata.

Krovnna konstrukcija

a/ Ostalo stalno opterećenje

- crijep 0,50 kN/m²
 - Letve 5/8 cm 0,08 x 6,67 = 0,53 kN/m²
- $g_2 = 1,03 \text{ kN/m}^2$**

b/ Povremeno opterećenje

- snijeg usvojeno: **$p = 1,40 \text{ kN/m}^2$**

Međuspratna tavanica

a/ Ostalo stalno opterećenje

- daske 3,5 cm 0,035 x 6,67 = 0,25 kN/m²
- $g_2 = 0,25 \text{ kN/m}^2$**

b/ korisno ljudi i oprema

$p = 2,00 \text{ kN/m}^2$

c/ Temperaturna promjena
 $t = \pm 30^\circ$

d/ Vjetar

Proračun opterećenja usljed dejstva vjetra se radi prema odredbama pravilnika JUS U.C7.110-113/91.

Opterećenje vjetrom:

$$w = 1/2 \times \rho \times (v_{m,50,10} \times k_t \times k_T)^2 \times 10^{-3} \times S_z^2 \times K_z^2 \times G_z \times C \times A$$

JUS U.C7.110 Tabela 2

gdje su:

ρ - gustina vazduha $\rho = 1.225 \text{ kg/m}^3$ JUS U.C7.110, 5.2.1;

$v_{m,50,10}$ - osnovna brzina vjetra za Podgoricu $\Rightarrow 26.0 \text{ m/s}$; JUS U.C7.110 Tabela 8

k_t - faktor vremenskog osrednjavanja osnovne brzine vjetra na 60min.
 $k_t = 1.0$ JUS U.C7.110, 5.2.1;

k_T - faktor povratnog perioda osnovne brzine vjetra za $T = 50$ god
 $k_T = 1.0$ JUS U.C7.110, tab. 6

S_z - faktor topografije terena (za ravan teren)
 $S_z = 1.0$ JUS U.C7.110, 5.3.5 sl. 9;

k_z - faktor ekspozicije, za hrapavost terena klase "A" i visinu objekta
 $z \approx 7 \text{ m}$.
 $k_z^2 = 1.40$; JUS U.C7.110, 5.3.4

Konstrukcija se svrstava u "Nisku krutu zgradu", pa su dinamički koeficijenti:
JUS U.C7.112

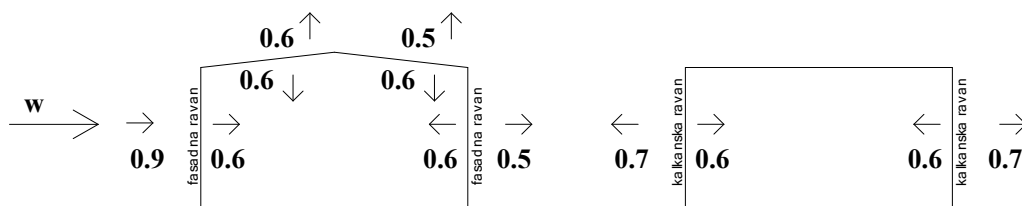
$G_z = 2,5$ (za krovni pokrivač, rožnjače i oblogu),

$G_z = 2,0$ (za glavne nosače i ankere),

$G_z = 1,4$ (za temelje)

C koeficijent sile pritiska prema sljedećoj skici (znak "+" – vjetar djeluje na oblogu):

Za pravac vjetra $\beta = 0^\circ$ – upravno na podužnu fasadu



Seizmičko opterećenje – ESO metoda

- Proračun spratnih težina

Spratne mase i težine su skoncentrisane na nivoima međuspratnih tavanica.

Programski paket SAP 2000, u kojem je urađen proračunski model, sam sračunava spratne mase i težine, a na osnovu unesene zapreminske težine materijala, geometrije elemenata konstrukcije i na osnovu unesenog stalnog i korisnog opterećenja.

Pri proračunu spratnih težina uzete su težine od stalnog opterećenja i snijega u punom iznosu, a od korisnog opterećenja uzeta je polovina od ukupne težine.

Na osnovu ovako sračunatih spratnih masa u dva ortogonalna pravca u proračunskom modelu (u programskom paketu ETABS), izračunate su svojstvene vrijednosti i oblici oscilovanja konstrukcije. Rezultati dobijeni za period oscilovanja za prvi ton u X (podužni pravac objekta) i Y pravcu su:

$$T_{x,1} < 0,7 \text{ sec}$$

$$T_{y,1} < 0,7 \text{ sec}$$

- Proračun ukupnog koeficijenta seizmičnosti po ESO metodi:

$$S = k \times G$$

$$k = k_o \times k_s \times k_d \times k_p$$

- $k_o = 1.00$ – koeficijent kategorije objekta (objekat spada u objekat II kategorije)
- $k_s = 0.05$ – usvojeni koeficijent seizmičnosti (**VIII stepen** seizmičnosti po MCS sklali po seizmološkim kartama)
- $k_{dx} = 0.70 / T_{x,1}$; usvojeno: $k_{dx} = 1,0$ – koeficijent dinamičnosti za X pravac (za II kategoriju tla)
- $k_{dy} = 0.70 / T_{y,1}$; usvojeno: $k_{dy} = 1,0$ – koeficijent dinamičnosti za Y pravac (za II kategoriju tla)
- $k_p = 4.0$ – koeficijent duktiliteta i prigušenja (NEDUKTILNA KONSTRUKCIJA)

pa ukupni seizmički koeficijent za oba pravca iznosi:

$$k = 1.00 \times 0,05 \times 1,0 \times 4.0 = 0.20$$

- Proračun seizmičke sile i raspodjela seizmičke sile po visini objekta

Proračun ukupne seizmičke sile i njene raspodjele po visini objekta obavljen je putem programskog paketa ETABS.

Naime, na osnovu izračunatih spratnih težina i na osnovu unesene vrijednosti ukupnog seizmičkog koeficijenta, program sam sračunava seizmičku silu po obrascu:

$$S = k \times G$$

gdje je,

G – ukupna težina objekta.

Raspodjela seizmičke sile po visini objekta se obavlja po sljedećem izrazu:

$$S_i = S \cdot \frac{G_i \cdot H_i^K}{\sum_i G_i \cdot H_i^K}, \quad i - \text{broj spratova}$$

Koeficijent » K » se naziva *koeficijent visine objekta*.

Kao što se vidi način izračunavanja seizmičke sile i njene raspodjele po visini objekta su isti kao i po » *Pravilniku o tehničkim normativima za izgradnju objekata visokogradnje u seizmičkim područjima*« - *Metoda ekvivalentnog opterećenja*.

Razlika postoji jedino u koeficijentu » K ». Ako se uzme vrijednost, K = 1,0, onda se dobija isti izraz kao prema pravilniku, za linearnu raspodjelu sile po etažama.

Međutim, za objekte spratnosti veće od 5 etaža, po pravilniku se uzima da 15% od ukupne seizmičke sile se koncentriše na vrhu objekta, a ostalih 85% se raspodjeljuje po gornjem izrazu.

Kako je ovaj objekat spratnosti od 1 etaže, za proračun seizmičkih sila po etažama usvojen je *koeficijent visine objekta*:

K = 1,00

čime je obuhvaćen gore navedeni zahtjev po pravilniku za spratnosti do 5 etaža, i dobija se raspodjela sile po etažama u linearnom obliku.

3. Statički uticaji

- Dijagrami statičkih uticaja dobijeni programskim paketom SAP 2000 su dati na sljedećim stranama.

Prikazani su dijagrami statičkih uticaja od sljedećih kombinacija opterećenja:

- **COMB 1** – stalno + korisno + snijeg
- **COMB 2** – stalno + korisno + snijeg + vjetar
- **COMB 3** – stalno + $\frac{1}{2}$ korisno + snijeg + seizmika X - pravac
- **COMB 4** – stalno + $\frac{1}{2}$ korisno + snijeg + seizmika Y - pravac

4. Proračun elemenata konstrukcije

ROG - Pos RG (12x14 cm)

- Svi rogovi se nalaze na međusobnom rastojanju od 0,75 m.
- Nepokretni oslonci se obezbjeđuju ankerima za vjenčanicu.

Statički uticaji (COMB 1 – mjerodavno)

$$M = -54 \text{ kNcm}$$

$$T = 1,61 \text{ kN}$$

$$N = 3,0 \text{ kN}$$

Dimenzionisanje

Karakteristike poprečnog presjeka

$$A = bxd = 168 \text{ cm}^2$$

$$W = bxd^2/6 = 392 \text{ cm}^3$$

Kontrola najopterećenijeg presjeka na uticaje složenog savijanja

$$\sigma_{1,2} = N/A \pm M/W$$

$$\sigma_{1,2} = 0,02 \pm 0,14$$

$$\sigma_1 = 0,16 \text{ kN/cm}^2 = 1,6 \text{ MPa} < \sigma_{sd} = 10 \text{ MPa (savijanje)}$$

Kontrola presjeka na smicanje

Smičući napon za pravougaoni poprečni presjek je

$$\tau = 3T/2bd = 0,014 \text{ kN/cm}^2 = 0,14 \text{ MPa} < \tau_{IIPd} = 0,9 \text{ MPa};$$

- **ROG DIMENZIJA 12x14 cm ZADOVOLJAVA NAPONSKO STANJE**

PRORAČUN STUBA – 16X16 cm

- Stubovi se nalaze na međurastojanju od 3,0 m

Statički uticaji (COMB 2 – mjerodavno)

$$M = 262 \text{ kNcm}$$

$$T = 4,0 \text{ kN}$$

$$N = 10,0 \text{ kN}$$

Dužina izvijanja:

$$L_i = 450 \text{ cm}; i = 4,62 \text{ cm}$$

$$\lambda_i = 97$$

$$\sigma_{sd} = 5 \text{ MPa (pritisk u zavisnosti od izvijanja)}$$

Dimenzionisanje

Karakteristike poprečnog presjeka

$$A = b \times d = 256 \text{ cm}^2$$

$$W = b \times d^2 / 6 = 683 \text{ cm}^3$$

Kontrola najopterećenijeg presjeka na uticaje složenog savijanja

$$\sigma_{1,2} = N/A \pm M/W$$

$$\sigma_1 = 0,04 \text{ kN/cm}^2 \pm 0,38 \text{ kN/cm}^2 = 0,42 \text{ MPa} < \sigma_{sd} = 5 \text{ MPa}$$

Kontrola presjeka na smicanje

Smičući napon za pravougaoni poprečni presjek je

$$\tau = 3T/2bd = 0,023 \text{ kN/cm}^2 = 0,23 \text{ MPa} < \tau_{IIPd} = 0,9 \text{ MPa};$$

- **STUB DIMENZIJA 16x16 cm ZADOVOLJAVA NAPONSKO STANJE**

KROVNE I MEĐUSPRATNE OBODNE RIGLE - 16x16 cm

Statički uticaji (COMB 1 – mjerodavno)

$$M_{\max} = 283 \text{ kNcm}$$

$$T_{\max} = 6 \text{ kN}$$

$$N = 0$$

Dimenzionisanje

Karakteristike poprečnog presjeka

$$A = bxd = 256 \text{ cm}^2$$

$$W = bxd^2/6 = 683 \text{ cm}^3$$

Kontrola najopterećenijeg presjeka na uticaje složenog savijanja

$$\sigma_{1,2} = N/A \pm M/W$$

$$\sigma_1 = 0,00 \text{ kN/cm}^2 \pm 0,42 \text{ kN/cm}^2 = 0,42 \text{ MPa} < \sigma_{sd} = 10 \text{ MPa (savijanje)}$$

Kontrola presjeka na smicanje

Smičući napon za pravougaoni poprečni presjek je

$$\tau = 3T/2bd = 0,036 \text{ kN/cm}^2 = 0,36 \text{ MPa} < \tau_{Ipd} = 0,9 \text{ MPa};$$

- **GREDE DIMENZIJA 16x16 cm ZADOVOLJAVAJU NAPONSKO STANJE**

MEĐUSPRATNE RIGLE - 8x12 cm

Statički uticaji (COMB 1 – mjerodavno)

$$M_{\max} = 163 \text{ kNcm}$$

$$T_{\max} = 3,5 \text{ kN}$$

$$N = 0$$

Dimenzionisanje

Karakteristike poprečnog presjeka

$$A = bxd = 96 \text{ cm}^2$$

$$W = bxd^2/6 = 192 \text{ cm}^3$$

Kontrola najopterećenijeg presjeka na uticaje složenog savijanja

$$\sigma_{1,2} = N/A \pm M/W$$

$$\sigma_1 = 0,00 \text{ kN/cm}^2 \pm 0,85 \text{ kN/cm}^2 = 8,5 \text{ MPa} < \sigma_{sd} = 10 \text{ MPa (savijanje)}$$

Kontrola presjeka na smicanje

Smičući napon za pravougaoni poprečni presjek je

$$\tau = 3T/2bd = 0,05 \text{ kN/cm}^2 = 0,5 \text{ MPa} < \tau_{IIPd} = 0,9 \text{ MPa};$$

- **GREDE DIMENZIJA 8x12 cm ZADOVOLJAVAJU NAPONSKO STANJE**

PATOSNE DASKE – 3,2 x 15 cm

Statički uticaji (COMB 1 – mjerodavno)

$$M_{\max} = 2,1 \text{ kNcm}$$

$$T_{\max} = 0,17 \text{ kN}$$

$$N = 0$$

Dimenzionisanje

Karakteristike poprečnog presjeka

$$A = bxd = 48 \text{ cm}^2$$

$$W = bxd^2/6 = 25,6 \text{ cm}^3$$

Kontrola najopterećenijeg presjeka na uticaje složenog savijanja

$$\sigma_{1,2} = N/A \pm M/W$$

$$\sigma_1 = 0,00 \text{ kN/cm}^2 \pm 0,085 \text{ kN/cm}^2 = 0,85 \text{ MPa} < \sigma_{sd} = 10 \text{ MPa (savijanje)}$$

Kontrola presjeka na smicanje

Smičući napon za pravougaoni poprečni presjek je

$$\tau = 3T/2bd = 0,05 \text{ kN/cm}^2 = 0,5 \text{ MPa} < \tau_{IIPd} = 0,9 \text{ MPa};$$

- **DASKE DIMENZIJA 3,2x15 cm ZADOVOLJAVAJU NAPONSKO STANJE**

KONTROLA DEFORMACIJA

- Maksimalni proračunski ugib obodne grede (16 x 16 cm) za kombinaciju opterećenja COMB1 iznosi:
- $v_{\max} = 0,7 \text{ cm}$
- Maksimalni dopušteni ugib je:
- $v_{\text{dop}} = L/300 = 300/300 = 1,0 \text{ cm} > v_{\max} = 0,7 \text{ cm}$

UGIBI su u dopuštenim granicama

STEPENIŠTE – POS ST1

GLAVNI NOSAČI – POS GNS1

1. *Statički sistem - model*

- ▮ je dat u okviru Proračunskog modela.
- ▮ Nosači su sistema grede sa dva nepokretna oslonca
- ▮ Glavni nosači se nalaze na međuostojanju od 70 cm
- ▮ Modeliran je jedan glavni obrazni nosač sa pripadajućim opterećenjem

2. *Analiza opterećenja – za jedan glavni nosač*

Stalno

- ▮ Sopstvena težina – program sam izračunava
- ▮ Težina sekundarnih nosača, obloge i ograde:
 $2 \cdot 0,033 \cdot 0,45 \cdot 78,5 / 0,3 \text{ m} + 0,05 \cdot 25 \cdot 0,43 + 1,0 \text{ kN/m} = 3,0 \text{ kN/m}$

korisno

- ▮ $p = 2,0 \times 0,45 = 0,90 \text{ kN/m}$

Ukupno opterećenje:

q = 3,90 kN/m

Opterećenja (sva opterećenja su svedena na ***I slučaj*** opterećenja):

- ▮ **KOMB 1 :**
 $g_1 + g_2 + p \text{ (kN/m)}$

3. *Statičko deformacijski uticaji dobijeni programskim paketom SAP 2000 i dati su u okviru "Statički uticaji"*

4. *Dimenzionisanje*

Usvaja se:

Lim 15 x 190 mm (na najtanjem dijelu)

$$A = 35 \text{ cm}^2$$

$$W_x = 102 \text{ cm}^3$$

Dimenzionisanje se vrši prema najopterećenijem nosaču.

kontrola napona

slučaj opterećenja - COMB 1 (stalno + korisno)

$$M_x = 488 \text{ kNcm}$$

$$N = 31 \text{ kN}$$

$$T_{x,\max} = 8 \text{ kN}$$

$$\sigma_{\max} = \frac{N}{A} + \frac{M_x}{W_x} + \frac{M_y}{W_y} = 0.9 + 4.8 + 0 = 5.7 \frac{\text{kN}}{\text{cm}^2} < \sigma_{\text{doz}} = 16.0 \frac{\text{kN}}{\text{cm}^2}$$

$$\tau_{x,\max} = \frac{T_{\max}}{A_{\text{reb}}} = \frac{8}{2 \cdot 17.5} = 0.2 \frac{\text{kN}}{\text{cm}^2} < \tau_{\text{doz}} = 9.0 \frac{\text{kN}}{\text{cm}^2}$$

kontrola ugiba

$$f_{\text{doz}} = l/300 = 480/300 = 2,01,6 \text{ cm}$$

$$v_{\max} = 0,12 \text{ cm (comb 1) - SAP 2000}$$

Ugibi su u dopuštenim granicama

Napomena:

Kako su naponi u nosaču daleko od iskorišćenih, a na svakih 30 cm su bočno pridržani nosačima podesta, u gornjoj – pritisnutoj zoni, može se bez dokaza konstatovati da nosači zadovoljavaju i sljedeće standarde:

- Štapovi izloženi pritisku i savijanju (JUS U E7.096/1986).
- Bočno-torziono izvijanje nosača (JUS U E7.101/1991)
- Bočno izvijanje limova (JUS U E7.121/1986)

USVOJENI PROFIL ZADOVOLJAVA

NOSAČI PODESTA – POS GNP

1. *Statički sistem - model*

- ▮ je dat u okviru Proračunskog modela.
- ▮ podestni nosači su kruto vezani za glavne obraznenosače, formirajući prostorni roštilj.
- ▮ Nalaze se na međusobnom rastojanju od 30 cm.

2. *Analiza opterećenja*

Stalno

- ▮ Sopstvena težina – 0,033 kN/m
- ▮ Težina lima podesta i obloge:
 $0,003 \cdot 0,3/2 \text{ m} \cdot 78,5 + 0,05 \cdot 25 \cdot 0,15 = 0,50 \text{ kN/m}$

korisno

- ▮ $p = 2,0 \times 0,15 = 0,30 \text{ kN/m}$

Ukupno opterećenje:

q = 0,80 kN/m

Opterećenja (sva opterećenja su svedena na **I slučaj** opterećenja):

- ▮ **KOMB 1 :**
 $g_1 + g_2 + p \text{ (kN/m)}$

3. *Statički uticaji*

$M = 0,8 \times 0,9_2/8 = 0,08 \text{ kNm} = 8,1 \text{ kNcm}$

$T = 0,4 \text{ kN}$

4. Dimenzionisanje

Usvaja se:

Kutijasti HOP 50 x 30 x 2

$$A = 3,59 \text{ cm}^2$$

$$W_x = 4,29 \text{ cm}^3$$

Dimenzionisanje se vrši prema najopterećenijem nosaču.

kontrola napona

slučaj opterećenja - COMB 1 (stalno + korisno)

$$M_x = 8,1 \text{ kNcm}$$

$$N = 0 \text{ kN}$$

$$T_{x,\max} = 0,4 \text{ kN}$$

$$\sigma_{\max} = \frac{N}{A} + \frac{M_x}{W_x} + \frac{M_y}{W_y} = 0 + 2,0 + 0 = 2,0 \frac{\text{kN}}{\text{cm}^2} < \sigma_{\text{doz}} = 16,0 \frac{\text{kN}}{\text{cm}^2}$$



USVOJENI PROFIL ZADOVOLJAVA

OBLOGA GAZIŠTA – LIM

1. *Statički sistem - model*

▮ Je prosta greda raspona 30 cm.

2. *Analiza opterećenja*

Stalno

▮ Težina lima podesta:
 $0,003 \cdot 0,86 \cdot 78,5 = 0,20 \text{ kN/m}$

korisno

▮ $p = 5,0 \times 0,86 = 4,3 \text{ kN/m}$

Ukupno opterećenje:

q = 4,5 kN/m

Opterećenja (sva opterećenja su svedena na **I slučaj** opterećenja):

▮ **KOMB 1 :**
 $g_1 + g_2 + p \text{ (kN/m)}$

3. *Statički uticaji*

$M = 4,5 \times 0,3_2 / 8 = 0,05 \text{ kNm} = 5,0 \text{ kNcm}$

4. *Dimenzionisanje*

Usvaja se:

Lim debljine 3 mm

$A = 0,3 \cdot 86 = 25,6 \text{ cm}_2$

$W_x = 86 \cdot 0,3_2 / 6 = 1,29 \text{ cm}_3$

kontrola napona*slučaj opterećenja - COMB 1 (stalno + korisno)*

$$M_x = 5 \text{ kNcm}$$

$$N = 0 \text{ kN}$$

$$T_{x,\max} = 0,4 \text{ kN}$$

$$\sigma_{\max} = \frac{N}{A} + \frac{M_x}{W_x} + \frac{M_y}{W_y} = 0 + 3.9 + 0 = 3.9 \frac{\text{kN}}{\text{cm}^2} < \sigma_{\text{doz}} = 16.0 \frac{\text{kN}}{\text{cm}^2}$$

**USVOJENI LIM ZADOVOLJAVA**

PRORAČUN DRVENE KONSTRUKCIJE OSMATRAČNICE

1. Statički sistem

Pretpostavljene dimenzije poprečnih presjeka elemenata konstrukcije:

- Rog – 12x14 cm
- Stub – 16x16 cm
- Krovna greda – 16x16 cm
- Rigla MK – 8x12 cm
- Međuspratna greda – 16x16 cm
- Kosnik – 6 x 6 cm
- Dijagonale – 8 x 12 cm
- Fasadne daske – 2,4 x 15 cm
- Patosne daske – 3,2 x 15 cm

Usvaja se drvena konstrukcija klase II, od četinarara. Na osnovu toga, dopušteni naponi su:

- Na savijanje $\sigma_{sd} = 10,0$ MPa;
- Na pritisak $\sigma_{pd} = 8,5$ MPa;
- Na zatezanje $\sigma_{zd} = 8,5$ MPa;
- Na pritisak upravno na vlakna $\sigma_{pd} = 2,0$ MPa;
- Na smicanje paralelno vlaknima $\tau_{||pd} = 0,9$ MPa;
- Na smicanje upravno na vlakna $\tau_{\perp d} = 1,2$ MPa;

Statički sistem je prostorni ortopgonalni ram na jednom polju sa unakrsnim spregovima – dato na sljedećim stranama.

2. Analiza opterećenja

Zapreminska težina drveta usvaja se $\rho_d = 6 \text{ kN/m}^3$. Međutim, ta težina se povećava sa povećava sa povećanjem vlažnosti. Tada se zapreminska težina sračunava prema

$$\rho_u = \frac{Gu}{Vu} = \frac{Go(1+a)}{Vo(1+a_{vu})}$$

Gdje su:

G_u – težina drveta sa sadržajem vlage

G_o – težina potpuno suvog drveta ($\rho_d \times V_o$)

a – vlaga u procentima (usvaja se maksimalna vlaga od 20%, jer je konstrukcija zaštićena i nalazi se u relativnoj suvoj sredini)

V_u – zapremina drveta sa sadržajem vlage

V_o – zapremina potpuno suvog drveta

a_{vu} – koeficijent zapreminskog bubrenja, koji za sadržaj vlage od 20%, iznosi 8%.

Pa je $\rho_u = 6,67 \text{ kN/m}^3$.

Programski paket SAP 2000, u kome je urađen prostorni proračunski model krovne konstrukcije, automatski računa uticaje od sopstvene težine, a s obzirom na datu zapreminsku težinu i dimenzije konstruktivnih elemenata.

Krovnna konstrukcija

a/ Ostalo stalno opterećenje

crijep			0,50 kN/m ²
Letve 5/8 cm	$0,08 \times 6,67 =$	<u>0,53 kN/m²</u>	
			$g_2 = 1,03 \text{ kN/m}^2$

b/ Povremeno opterećenje

snijeg		<u>usvojeno: $p = 1,40 \text{ kN/m}^2$</u>
--------	--	---

Meduspratna tavanica

a/ Ostalo stalno opterećenje

daske 3,5 cm	$0,035 \times 6,67 =$	<u>0,25 kN/m²</u>	
			$g_2 = 0,25 \text{ kN/m}^2$

b/ korisno ljudi i oprema

$p = 2,00 \text{ kN/m}^2$

c/ Temperaturna promjena
 $t = \pm 30^\circ$

d/ Vjetar

Proračun opterećenja usljed dejstva vjetra se radi prema odredbama pravilnika JUS U.C7.110-113/91.

Opterećenje vjetrom:

$$w = 1/2 \times \rho \times (v_{m,50,10} \times k_t \times k_T)^2 \times 10^{-3} \times S_z^2 \times K_z^2 \times G_z \times C \times A$$

JUS U.C7.110 Tabela 2

gdje su:

ρ - gustina vazduha $\rho = 1.225 \text{ kg/m}^3$ JUS U.C7.110, 5.2.1;

$v_{m,50,10}$ - osnovna brzina vjetra za Podgoricu $v = 26.0 \text{ m/s}$; JUS U.C7.110 Tabela 8

k_t - faktor vremenskog osrednjavanja osnovne brzine vjetra na 60min.
 $k_t = 1.0$ JUS U.C7.110, 5.2.1;

k_T - faktor povratnog perioda osnovne brzine vjetra za $T = 50$ god
 $k_T = 1.0$ JUS U.C7.110, tab. 6

S_z - faktor topografije terena (za ravan teren)
 $S_z = 1.0$ JUS U.C7.110, 5.3.5 sl. 9;

k_z - faktor ekspozicije, za hrapavost terena klase "A" i visinu objekta
 $z \approx 7 \text{ m}$.
 $k_z^2 = 1,40$; JUS U.C7.110, 5.3.4

Konstrukcija se svrstava u "Nisku krutu zgradu", pa su dinamički koeficijenti:
JUS U.C7.112

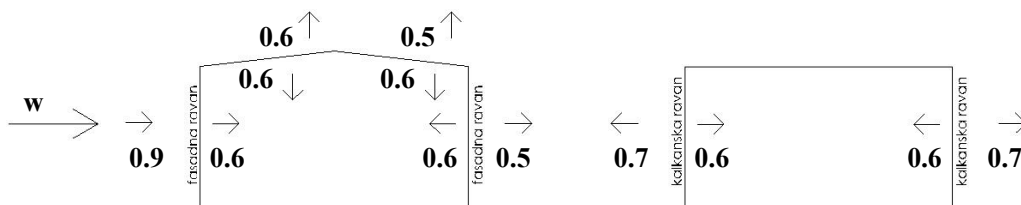
$G_z = 2,5$ (za krovni pokrivač, rožnjače i oblogu),

$G_z = 2,0$ (za glavne nosače i ankere),

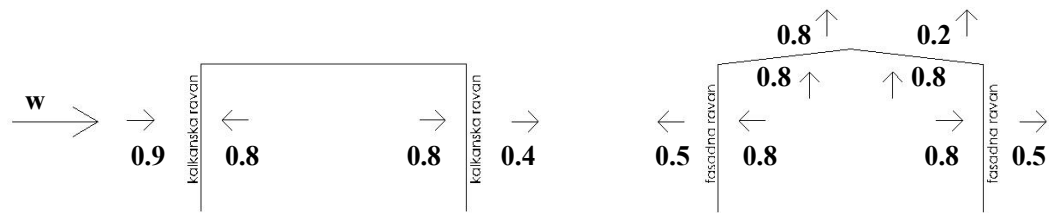
$G_z = 1,4$ (za temelje)

C koeficijent sile pritiska prema sljedećoj skici (znak "+" – vjetar djeluje na oblogu):

Za pravac vjetra $\alpha = 0^\circ$ – upravno na podužnu fasadu



Za pravac vjetra $\alpha = 90^\circ$ – upravno na kalkansku fasadu



Vrijednosti i raspored koeficijenata pritiska C uzeti su za slučaj *zatvorene kuće skoro ravan krov* – slučaj sa otvorima pretežno na kalkanskoj strani, kao na slici 9. standarda JUS U.C7.112.

A_s - stvarna efektivna površina izložena vjetru, u metrima.

Krovnna konstrukcija – na krovni pokrivač

$$w = \frac{1}{2} \times 1,225 \times \left(\frac{26,0 \times 1,0 \times 1,0}{10} \right)^2 \times 1,40 \times 1,0 \times 2,5 \times (0,8 + 0,8) \times A$$

$$w = -2,32 \text{ kN/m}^2 \times A \text{ (na gore)} \quad (\text{kN}) \quad (+0,10 \text{ kN/m}^2)$$

Fasadni zidovi – pritisak (na oblogu)

$$w = \frac{1}{2} \times 1,225 \times \left(\frac{26,0 \times 1,0 \times 1,0}{10} \right)^2 \times 1,06 \times 1,0 \times 2,5 \times (0,9 + 0,6) \times A$$

$$w = 2,19 \text{ kN/m}^2 \times A \quad (\text{kN})$$

Fasadni zidovi – sišuće dejstvo (na oblogu)

$$w = \frac{1}{2} \times 1,225 \times \left(\frac{26,0 \times 1,0 \times 1,0}{10} \right)^2 \times 1,06 \times 1,0 \times 2,5 \times (0,5 - 0,6) \times A$$

$$w = -0,14 \text{ kN/m}^2 \times A \quad (\text{kN})$$

Kalkanski zidovi – pritisak (na oblogu)

$$w = \frac{1}{2} \times 1,225 \times \left(\frac{26,0 \times 1,0 \times 1,0}{10} \right)^2 \times 1,06 \times 1,0 \times 2,5 \times (0,8 + 0,4) \times A$$

$$w = 1,76 \text{ kN/m}^2 \times A \quad (\text{kN})$$

Kalkanski zidovi – sišuće dejstvo (na oblogu)

$$w = \frac{1}{2} \times 1,225 \times \left(\frac{26,0 \times 1,0 \times 1,0}{10} \right)^2 \times 1,06 \times 1,0 \times 2,5 \times (0,8 - 0,9) \times A$$

$$w = -0,14 \text{ kN/m}^2 \times A \quad (\text{kN})$$

Seizmičko opterećenje – ESO metoda

▮ Proračun spratnih težina

Spratne mase i težine su skoncentrisane na nivoima međuspratnih tavanica.

Programski paket SAP 2000, u kojem je urađen proračunski model, sam sračunava spratne mase i težine, a na osnovu unesene zapreminske težine materijala, geometrije elemenata konstrukcije i na osnovu unesenog stalnog i korisnog opterećenja.

Pri proračunu spratnih težina uzete su težine od stalnog opterećenja i snijega u punom iznosu, a od korisnog opterećenja uzeta je polovina od ukupne težine.

Na osnovu ovako sračunatih spratnih masa u dva ortogonalna pravca u proračunskom modelu (u programskom paketu ETABS), izračunate su svojstvene vrijednosti i oblici oscilovanja konstrukcije. Rezultati dobijeni za period oscilovanja za prvi ton u X (podužni pravac objekta) i Y pravcu su:

$$T_{x,1} < 0,7 \text{ sec}$$

$$T_{y,1} < 0,7 \text{ sec}$$

▮ Proračun ukupnog koeficijenta seizmičnosti po ESO metodi:

$$S = k \times G$$

$$k = k_o \times k_s \times k_d \times k_p$$

- ▮ $k_o = 1.00$ – koeficijent kategorije objekta (objekat spada u objekat II kategorije)
- ▮ $k_s = 0.05$ – usvojeni koeficijent seizmičnosti (**VIII stepen** seizmičnosti po MCS sklali po seizmološkim kartama)
- ▮ $k_{dx} = 0.70 / T_{x,1}$; usvojeno: $k_{dx} = 1,0$ – koeficijent dinamičnosti za X pravac (za II kategoriju tla)
- ▮ $k_{dy} = 0.70 / T_{y,1}$; usvojeno: $k_{dy} = 1,0$ – koeficijent dinamičnosti za Y pravac (za II kategoriju tla)
- ▮ $k_p = 4.0$ – koeficijent duktiliteta i prigušenja (NEDUKTILNA KONSTRUKCIJA)

pa ukupni seizmički koeficijent za oba pravca iznosi:

$$k = 1.00 \times 0,05 \times 1,0 \times 4.0 = 0.20$$

Proračun seizmičke sile i raspodjela seizmičke sile po visini objekta

Proračun ukupne seizmičke sile i njene raspodjele po visini objekta obavljen je putem programskog paketa ETABS.

Naime, na osnovu izračunatih spratnih težina i na osnovu unesene vrijednosti ukupnog seizmičkog koeficijenta, program sam sračunava seizmičku silu po obrascu:

$$S = k \times G$$

gdje je,

G – ukupna težina objekta.

Raspodjela seizmičke sile po visini objekta se obavlja po sljedećem izrazu:

$$S_i = S \frac{G_i H_i^K}{\sum_i G_i H_i^K}, \quad i - \text{broj spratova}$$

Koeficijent » K » se naziva *koeficijent visine objekta*.

Kao što se vidi način izračunavanja seizmičke sile i njene raspodjele po visini objekta su isti kao i po » *Pravilniku o tehničkim normativima za izgradnju objekata visokogradnje u seizmičkim područjima*« - *Metoda ekvivalentnog opterećenja*.

Razlika postoji jedino u koeficijentu » K ». Ako se uzme vrijednost, K = 1,0, onda se dobija isti izraz kao prema pravilniku, za linearnu raspodjelu sile po etažama.

Međutim, za objekte spratnosti veće od 5 etaža, po pravilniku se uzima da 15% od ukupne seizmičke sile se koncentriše na vrhu objekta, a ostalih 85% se raspodjeljuje po gornjem izrazu.

Kako je ovaj objekat spratnosti od 1 etaže, za proračun seizmičkih sila po etažama usvojen je *koeficijent visine objekta*:

K = 1,00

čime je obuhvaćen gore navedeni zahtjev po pravilniku za spratnosti do 5 etaža, i dobija se raspodjela sile po etažama u linearnom obliku.

3. Statički uticaji

- Dijagrami statičkih uticaja dobijeni programskim paketom SAP 2000 su dati na sljedećim stranama.

Prikazani su dijagrami statičkih uticaja od sljedećih kombinacija opterećenja:

- **COMB 1** – stalno + korisno + snijeg
- **COMB 2** – stalno + korisno + snijeg + vjetar
- **COMB 3** – stalno + $\frac{1}{2}$ korisno + snijeg + seizmika X - pravac
- **COMB 4** – stalno + $\frac{1}{2}$ korisno + snijeg + seizmika Y - pravac

4. Proračun elemenata konstrukcije

ROG - Pos RG (12x14 cm)

- ▮ Svi rogovi se nalaze na međusobnom rastojanju od 0,75 m.
- ▮ Nepokretni oslonci se obezbjeđuju ankerima za vjenčanicu.

Statički uticaji (COMB 1 – mjerodavno)

$$M = -54 \text{ kNcm}$$

$$T = 1,61 \text{ kN}$$

$$N = 3,0 \text{ kN}$$

Dimenzionisanje

Karakteristike poprečnog presjeka

$$A = bxd = 168 \text{ cm}^2$$

$$W = bxd^2/6 = 392 \text{ cm}^3$$

Kontrola najopterećenijeg presjeka na uticaje složenog savijanja

$$\sigma_{1,2} = N/A \pm M/W$$

$$\sigma_{1,2} = 0,02 \pm 0,14$$

$$\sigma_1 = 0,16 \text{ kN/cm}^2 = 1,6 \text{ MPa} < \sigma_{sd} = 10 \text{ MPa (savijanje)}$$

Kontrola presjeka na smicanje

Smičući napon za pravougaoni poprečni presjek je

$$\tau = 3T/2bd = 0,014 \text{ kN/cm}^2 = 0,14 \text{ MPa} < \tau_{IIPd} = 0,9 \text{ MPa};$$

- ▮ **ROG DIMENZIJA 12x14 cm ZADOVOLJAVA NAPONSKO STANJE**

PRORAČUN STUBA – 16X16 cm

▮ Stubovi se nalaze na međurastojanju od 3,0 m

Statički uticaji (COMB 2 – mjerodavno)

$$M = 262 \text{ kNcm}$$

$$T = 4,0 \text{ kN}$$

$$N = 10,0 \text{ kN}$$

Dužina izvijanja:

$$L_i = 450 \text{ cm}; i = 4,62 \text{ cm}$$

$$\lambda_i = 97$$

$$\sigma_{sd} = 5 \text{ MPa (pritisk u zavisnosti od izvijanja)}$$

Dimenzionisanje

Karakteristike poprečnog presjeka

$$A = b \cdot d = 256 \text{ cm}^2$$

$$W = b \cdot d^2 / 6 = 683 \text{ cm}^3$$

Kontrola najopterećenijeg presjeka na uticaje složenog savijanja

$$\sigma = N/A \pm M/W$$

$$\sigma_{1,2} = 0,04 \text{ kN/cm}^2 \pm 0,38 \text{ kN/cm}^2 = 0,42 \text{ MPa} < \sigma_{sd} = 5 \text{ MPa}$$

Kontrola presjeka na smicanje

Smičući napon za pravougaoni poprečni presjek je

$$\tau = 3T/2bd = 0,023 \text{ kN/cm}^2 = 0,23 \text{ MPa} < \tau_{l, pd} = 0,9 \text{ MPa};$$

▮ **STUB DIMENZIJA 16x16 cm ZADOVOLJAVA NAPONSKO STANJE**

KROVNE I MEĐUSPRATNE OBODNE RIGLE - 16x16 cm

Statički uticaji (COMB 1 – mjerodavno)

$$M_{\max} = 283 \text{ kNcm}$$

$$T_{\max} = 6 \text{ kN}$$

$$N = 0$$

Dimenzionisanje

Karakteristike poprečnog presjeka

$$A = bxd = 256 \text{ cm}^2$$

$$W = bxd^2/6 = 683 \text{ cm}^3$$

Kontrola najopterećenijeg presjeka na uticaje složenog savijanja

$$\sigma = N/A \pm M/W$$

$$\sigma_{1,2} = 0,00 \text{ kN/cm}^2 \pm 0,42 \text{ kN/cm}^2 = 0,42 \text{ MPa} < \sigma_{sd} = 10 \text{ MPa (savijanje)}$$

Kontrola presjeka na smicanje

Smičući napon za pravougaoni poprečni presjek je

$$\tau = 3T/2bd = 0,036 \text{ kN/cm}^2 = 0,36 \text{ MPa} < \tau_{l,pd} = 0,9 \text{ MPa};$$

GREDE DIMENZIJA 16x16 cm ZADOVOLJAVAJU NAPONSKO STANJE

MEĐUSPRATNE RIGLE - 8x12 cm

Statički uticaji (COMB 1 – mjerodavno)

$$M_{\max} = 163 \text{ kNcm}$$

$$T_{\max} = 3,5 \text{ kN}$$

$$N = 0$$

Dimenzionisanje

Karakteristike poprečnog presjeka

$$A = bxd = 96 \text{ cm}^2$$

$$W = bxd^2/6 = 192 \text{ cm}^3$$

Kontrola najopterećenijeg presjeka na uticaje složenog savijanja

$$\sigma = N/A \pm M/W$$

$$\sigma_{1,2} = 0,00 \text{ kN/cm}^2 \pm 0,85 \text{ kN/cm}^2 = 8,5 \text{ MPa} < \sigma_{sd} = 10 \text{ MPa (savijanje)}$$

Kontrola presjeka na smicanje

Smičući napon za pravougaoni poprečni presjek je

$$\tau = 3T/2bd = 0,05 \text{ kN/cm}^2 = 0,5 \text{ MPa} < \tau_{lIpD} = 0,9 \text{ MPa};$$

GREDE DIMENZIJA 8x12 cm ZADOVOLJAVAJU NAPONSKO STANJE

PATOSNE DASKE – 3,2 x 15 cm

Statički uticaji (COMB 1 – mjerodavno)

$$M_{\max} = 2,1 \text{ kNcm}$$

$$T_{\max} = 0,17 \text{ kN}$$

$$N = 0$$

Dimenzionisanje

Karakteristike poprečnog presjeka

$$A = bxd = 48 \text{ cm}^2$$

$$W = bxd^2/6 = 25,6 \text{ cm}^3$$

Kontrola najopterećenijeg presjeka na uticaje složenog savijanja

$$\sigma = N/A \pm M/W$$

$$\sigma^{1,2} = 0,00 \text{ kN/cm}^2 \pm 0,085 \text{ kN/cm}^2 = 0,85 \text{ MPa} < \sigma_{sd} = 10 \text{ MPa (savijanje)}$$

Kontrola presjeka na smicanje

Smičući napon za pravougaoni poprečni presjek je

$$\tau = 3T/2bd = 0,05 \text{ kN/cm}^2 = 0,5 \text{ MPa} < \tau_{lIpD} = 0,9 \text{ MPa};$$

DASKE DIMENZIJA 3,2x15 cm ZADOVOLJAVAJU NAPONSKO STANJE

KONTROLA DEFORMACIJA

- ▮ Maksimalni proračunski ugib obodne grede (16 x 16 cm) za kombinaciju opterećenja COMB1 iznosi:
- ▮ $v_{\max} = 0,7 \text{ cm}$
- ▮ Maksimalni dopušteni ugib je:
- ▮ $v_{\text{dop}} = L/300 = 300/300 = 1,0 \text{ cm} > v_{\max} = 0,7 \text{ cm}$

UGIBI su u dopuštenim granicama

STEPENIŠTE – POS ST1

GLAVNI NOSAČI – POS GNS1

1. Statički sistem - model

- je dat u okviru Proračunskog modela.
- Nosači su sistema grede sa dva nepokretna oslonca
- Glavni nosači se nalaze na međustojanju od 70 cm
- Modeliran je jedan glavni obrazni nosač sa pripadajućim opterećenjem

2. Analiza opterećenja – za jedan glavni nosač

Stalno

- Sopstvena težina – program sam izračunava
- Težina sekundarnih nosača, obloge i ograde:
 $2 \cdot 0,033 \cdot 0,45 \cdot 78,5 / 0,3 \text{ m} + 0,05 \cdot 25 \cdot 0,43 + 1,0 \text{ kN/m} = 3,0 \text{ kN/m}$

korisno

- $p = 2,0 \times 0,45 = 0,90 \text{ kN/m}$

Ukupno opterećenje:

$$q = 3,90 \text{ kN/m}$$

Opterećenja (sva opterećenja su svedena na **I slučaj** opterećenja):

- **KOMB 1 :**
 $g_1 + g_2 + p \text{ (kN/m)}$

3. Statičko deformacijski uticaji dobijeni programskim paketom SAP 2000 i dati su u okviru "Statički uticaji"

4. Dimenzionisanje

Usvaja se:

Lim 15 x 190 mm (na najtanjem dijelu)

$$A = 35 \text{ cm}^2$$

$$W_x = 102 \text{ cm}^3$$

Dimenzionisanje se vrši prema najopterećenijem nosaču.

kontrola napona

slučaj opterećenja - COMB 1 (stalno + korisno)

$$M_x = 488 \text{ kNcm}$$

$$N = 31 \text{ kN}$$

$$T_{x,\max} = 8 \text{ kN}$$

$$\sigma_{\max} = \frac{N}{A} + \frac{M_x}{W_x} + \frac{M_y}{W_y} = 0.9 + 4.8 + 0 = 5.7 \frac{\text{kN}}{\text{cm}^2} < \sigma_{\text{doz}} = 16.0 \frac{\text{kN}}{\text{cm}^2}$$

$$\tau_{x,\max} = \frac{T_{\max}}{A_{\text{reb}}} = \frac{8}{2 * 17.5} = 0.2 \frac{\text{kN}}{\text{cm}^2} < \tau_{\text{doz}} = 9.0 \frac{\text{kN}}{\text{cm}^2}$$

kontrola ugiba

$$f_{\text{doz}} = l/300 = 480/300 = 2,01,6 \text{ cm}$$

$$v_{\max} = 0,12 \text{ cm (comb 1) – SAP 2000}$$

- Ugibi su u dopuštenim granicama

Napomena:

Kako su naponi u nosaču daleko od iskorišćenih, a na svakih 30 cm su bočno pridržani nosačima podesta, u gornjoj – pritisutoj zoni, može se bez dokaza konstatovati da nosači zadovoljavaju i sljedeće standarde:

- Štapovi izloženi pritisku i savijanju (JUS U E7.096/1986).
- Bočno-torziono izvijanje nosača (JUS U E7.101/1991)
- Bočno izvijanje limova (JUS U E7.121/1986)

⇒ **USVOJENI PROFIL ZADOVOLJAVA**

NOSAČI PODESTA – POS GNP1. Statički sistem - model

- je dat u okviru Proračunskog modela.

- *podestni nosači su kruto vezani za glavne obraznenosače, formirajući prostorni roštilj.*
- *Nalaze se na međusobnom rastojanju od 30 cm.*

2. Analiza opterećenja

Stalno

- Sopstvena težina – 0,033 kN/m
- Težina lima podesta i obloge:
 $0,003 \cdot 0,3/2 \text{ m} \cdot 78,5 + 0,05 \cdot 25 \cdot 0,15 = 0,50 \text{ kN/m}$

korisno

- $p = 2,0 \times 0,15 = 0,30 \text{ kN/m}$

Ukupno opterećenje:

q = 0,80 kN/m

Opterećenja (sva opterećenja su svedena na **I slučaj** opterećenja):

- **KOMB 1 :**
 $g_1 + g_2 + p \text{ (kN/m)}$

3. Statički uticaji

$$M = 0,8 \times 0,9^2 / 8 = 0,08 \text{ kNm} = 8,1 \text{ kNcm}$$

$$T = 0,4 \text{ kN}$$

4. Dimenzionisanje

Usvaja se:

Kutijasti HOP 50 x 30 x 2

$$A = 3,59 \text{ cm}^2$$

$$W_x = 4,29 \text{ cm}^3$$

Dimenzionisanje se vrši prema najopterećenijem nosaču.

kontrola napona

slučaj opterećenja - COMB 1 (stalno + korisno)

$$M_x = 8,1 \text{ kNcm}$$

$$N = 0 \text{ kN}$$

$$T_{x,\max} = 0,4 \text{ kN}$$

$$\sigma_{\max} = \frac{N}{A} + \frac{M_x}{W_x} + \frac{M_y}{W_y} = 0 + 2.0 + 0 = 2.0 \frac{\text{kN}}{\text{cm}^2} < \sigma_{\text{doz}} = 16.0 \frac{\text{kN}}{\text{cm}^2}$$

⇒ **USVOJENI PROFIL ZADOVOLJAVA**

OBLOGA GAZIŠTA – LIM

1. Statički sistem - model

- Je prosta greda raspona 30 cm.

2. Analiza opterećenja

Stalno

- Težina lima podesta:
 $0,003 \cdot 0,86 \cdot 78,5 = 0,20 \text{ kN/m}$

korisno

- $p = 5,0 \times 0,86 = 4,3 \text{ kN/m}$

Ukupno opterećenje:

$$q = 4,5 \text{ kN/m}$$

Opterećenja (sva opterećenja su svedena na **I slučaj** opterećenja):

- **KOMB 1 :**
 $g_1 + g_2 + p \text{ (kN/m)}$

3. Statički uticaji

$$M = 4,5 \times 0,3^2 / 8 = 0,05 \text{ kNm} = 5,0 \text{ kNcm}$$

4. Dimenzionisanje

Usvaja se:

Lim debljine 3 mm

$$A = 0,3 \cdot 86 = 25,6 \text{ cm}^2$$

$$W_x = 86 \cdot 0,3^2 / 6 = 1,29 \text{ cm}^3$$

kontrola napona

slučaj opterećenja - COMB 1 (stalno + korisno)

$$M_x = 5 \text{ kNcm}$$

$$N = 0 \text{ kN}$$

$$T_{x,\max} = 0,4 \text{ kN}$$

$$\sigma_{\max} = \frac{N}{A} + \frac{M_x}{W_x} + \frac{M_y}{W_y} = 0 + 3,9 + 0 = 3,9 \frac{\text{kN}}{\text{cm}^2} < \sigma_{\text{doz}} = 16,0 \frac{\text{kN}}{\text{cm}^2}$$

⇒ **USVOJENI LIM ZADOVOLJAVA**

