



## GLAVNI PROJEKT TRGOVAČKOG CENTRA „VOKEL“ U POSUŠJU: SPREGNUTE KONSTRUKCIJE ČELIK – BETON + PREDNAPETE KONSTRUKCIJE + AB KONSTRUKCIJE

izv.prof.dr.sc. **Mladan Glibić**, dipl.ing.građ.  
Građevinski fakultet Sveučilišta u Mostaru  
doc.dr.sc. **Radoslav Markić**, dipl.ing.građ.  
Građevinski fakultet Sveučilišta u Mostaru  
**Vedran Mijatović**, prvostupnik inženjer građevine

**Sažetak:** U radu je ukratko prikazan konstrukcijski sustav te detalji projektiranja i izvođenja spregnutih međukatnih konstrukcija čelik – beton, sustav prednapetih A i T nosača kao i klasičnih AB konstrukcija trgovačkog centra „Vokel“ u Posušju. Građevina je smještena u jugozapadnom dijelu grada. Tlocrtna površina građevine je oko 2100 m<sup>2</sup>, a ukupna korisna površina oko 4000 m<sup>2</sup>. Trgovački centar „Vokel“ se visinski sastoji od dvije nadzemne etaže P+1. Nadzemne etaže predviđene su za razne trgovačke sadržaje, sadržaje ugostiteljske namjene i zabavnog karaktera. Temeljno tlo je kategorije A, što znači da se objekt temelji na stijenskom masivu krečnjaku s jako dobrim nosivim svojstvima. Na osnovu edometarskog ispitivanja utvrđeno je da je modul stišljivosti jako velik, oko 600 MPa, a sama nosivost tla je određena na osnovu troosnog uređaja i sama nosivost tla je od 450-500 kN/m<sup>2</sup>.

**Ključne riječi:** diplomski rad, spregnuta međukatna konstrukcija, montažna izgradnja

## THE PROJECT DESIGN OF THE VOKEL MALL IN POSUŠJE: COMPOSITE STEEL - CONCRETE STRUCTURES+PRESTRESSED STRUCTURES+RC STRUCTURES

**Abstract:** The paper briefly presents the structural system and details of design and construction of composite filler concrete slabs, system of prestressed A and T girders as well as conventional RC structures of the Vokel Mall in Posušje. The structure is situated in the southwestern part of the town. The plan area of the structure is about 2 100 m<sup>2</sup>, and the total usable area about 4 000 m<sup>2</sup>. In terms of height, the Vokel Mall consists of two above-ground floors P+1. The above-ground floors are designed for various trading programs, programs of catering purposes and entertaining character. The foundation soil is category A, which means that the structure is founded on a limestone rock massif with very good load-bearing properties. Based on the oedometer test, it is established that the modulus of compressibility is very high, about 600 MPa, and the bearing capacity of the soil is determined on the basis of a triaxial device and the bearing capacity of the soil is 450-500 kN/m<sup>2</sup>.

**Key words:** graduation thesis, composite floor structure, prefabricated construction



## 1. UVOD

Objekt se temelji na AB temeljima samcima, u području oko okna lifta temelji se na trakastim AB temeljima. Svi temelji samci su međusobno povezani veznim gredama u dva međusobno okomita smjera, koje imaju dimenzije  $b/h=20/30$  cm. Svi temelji i vezne grede moraju imati istu visinsku kotu kako bi se mogli spregnuti s podnom AB pločom koja ima debljinu  $d=15$ cm. Na podnoj ploči se ne rade razdjelnice ili dilatacije iz razloga što ona nije nosiva ploča, nego služi samo iz arhitektonskih i konstruktivnih razloga. Kota podne ploče je  $+0.00$ . Temelji samci su montažnog tipa s unutrašnjim nazubljenjem čašice koja ima ulogu da poveća koeficijent uklještenja između samca i montažnog stupa. S obzirom na statičke odnosno dinamičke presječne sile koje djeluju u pojedinim temeljima samcima određivane su i same dimenzije temelja, tako da ima različitih temelja samaca. Temeljna ploča je nosiva jedino ispod okna lifta koja se nalazi na koti  $-1.5$  m, i armira se u dvije međusobno okomite zone. Trakasti temelji se nalaze oko stepeništa prema oknu lifta i imaju dimenzije  $b/h=60/60$  cm. Montažni stupovi dimenzija  $b/h=60/60$  cm imaju dužinu  $455$  cm, od toga  $50$ cm ide u temeljnu čašicu temelja samca i zalijeva se betonskim mortom C40/50 gdje zrno agregata ne smije preći  $8$ mm, tako očvrslu materijal daje stupu dodatnu ukrutu iako ta ukruta nikad ne može biti apsolutno kruta. Također i nosivi zidovi koji se rade oko okna lifta i stubišta imaju debljinu zida od  $25$ cm, i rade se do kote  $+4.05$ m. U smjeru istok-zapad rade se glavni sačasti nosači HEA600, koji se oslanjaju na montažne stupove na koti  $+4.05$ m. Nosači se rade od čelika kvalitete S355, a otvori u sačastom nosaču služe za prolaz elektro-instalacija, vodovod i kanalizaciju, iz navedenog razloga spuštenu strop se radi na koti dna sačastog nosača. Okomito na glavni nosač u smjeru jug-sjever se rade sekundarni nosači HEA450, od čelika kvalitete S355. Sekundarni nosači se postavljaju na međusobnom razmaku od  $262$ cm, osovinskog razmaka od jednog do drugog nosača, oko okna lifta taj razmak nosača je drugih veličina što će se moći vidjeti na planu postavljanja rasponskih nosača.

Spregnuta ploča ima visinu  $14$ cm, sastoji se od trapeznih limova koji se postavljaju na sekundarne nosače u kraćem rasponu ( $a=262$ cm) u koju se dodaje potrebna količina armature prema proračunu. Sekundarni rasponski nosači se rade u spregnutoj izvedbi dok glavni sačasti nosači nisu spregnutog tipa. Kota gotove međukatne spregnute ploče je  $+4.65$ cm. Od kote  $+4.05$ m se dalje rade nosivi stupovi u monolitnoj klasičnoj izvedbi sve do kote  $+9.65$ m.

Prednapeti "A" nosač ima raspon od  $24$ m, i oslanja se na nosive stupove na pozicijama B,C,D,E u smjeru istok-zapad. Nosač se radi kao naknadno prednapeti nosač, a armira se pomoću meke armature B500, i pomoću prednapete armature odnosno kablova DYWIDAG – MA 6812 (glava s  $12$  rupa), te kabel s  $11$  užadi promjera  $0.60$  inča. Na pozicijama A i F postavljaju se adheziono prednapeti nosači T oblika koji se također armiraju pomoću meke i prednapete armature. Sljeme se nalazi na koti od  $+10.35$ m. Okomito na prednapete A i T nosače postavljaju se drugi adheziono prednapeti nosači na međusobnom razmaku od  $2$  m, na te nosače se postavljaju sendvič paneli koji imaju završnu ulogu da zatvore objekt i štite ga od atmosferskih utjecaja.

Fasadni obložni zidovi se postavljaju na podnu ploču na kotu  $+0.00$  i prate nagib krovnih ravni sve do sljemena od kote  $+9.65$  do  $+10.35$ m. Ovi zidovi se rade od armiranog betona debljine zida  $20$ cm, i nemaju nosivi karakter, nego ulogu da samo štite objekt od vanjskih bočnih atmosferskih utjecaja.



## 2. KONCEPT KONSTRUKCIJE GRAĐEVINE

Idejno arhitektonsko rješenje odraz je prirode i lokalnog okruženja. Građevina je zamišljena u obliku jedne velike stijene koje se odmaraju na tlu. Iskrivljenost ploha pročelja i nepravilnost (razvedenost) tlocrta doveli su do odabranog konstrukcijskog rješenja međukatnih konstrukcija - spregnuta konstrukcija čelik – beton.

### Schema nivoa

Naziv	z [m]	h [m]
slieme	9.68	0.38
1 stup	9.30	0.75
Kota potkrovlja	8.55	3.90
Kota kata	4.65	1.55

2 podest	3.10	1.55
1 podest	1.55	1.55
Kota temelja	0.00	

### Tabela materijala

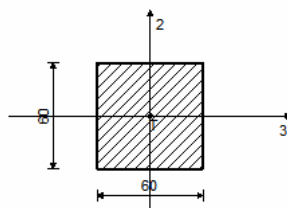
No	Naziv materijala	E[kN/m <sup>2</sup> ]	$\mu$	$\gamma$ [kN/m <sup>3</sup> ]	$\alpha$ [1/C]	$E_m$ [kN/m <sup>2</sup> ]	$\mu_m$
1	Betoni MB 30	3.150e+7	0.20	25.00	1.000e-5	3.150e+7	0.20
2	Celiku	2.100e+8	0.30	78.50	1.000e-5	2.100e+8	0.30
3	Betoni MB 40	3.400e+7	0.20	25.00	1.000e-5	3.400e+7	0.20

### Setovi ploča

No	d[m]	e[m]	Materijal	Tip proračuna	Ortotropija	E2[kN/m <sup>2</sup> ]	G[kN/m <sup>2</sup> ]	$\alpha$
<1>	0.150	0.075	1	Tanka ploča	Izotropna			
<2>	0.250	0.125	1	Tanka ploča	Izotropna			
<3>	0.100	0.050	1	Tanka ploča	Izotropna			

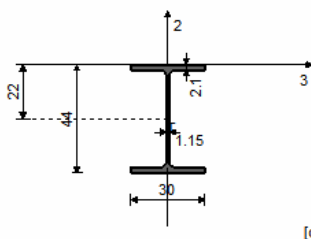
### Setovi gređa

#### Set 1 Presjek: b/d=60/60



Mat	A1	A2	A3	I1	I2	I3
1 - Betoni MB 30	3.600e-1	3.000e-1	3.000e-1	1.825e-2	1.080e-2	1.080e-2

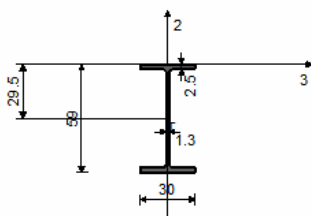
#### Set 2 Presjek: IPB1 450



[cm]

Mat	A1	A2	A3	I1	I2	I3
2 - Celiku	1.780e-2	6.575e-3	1.122e-2	2.450e-6	9.470e-5	6.372e-4

#### Set 3 Presjek: IPB1 600

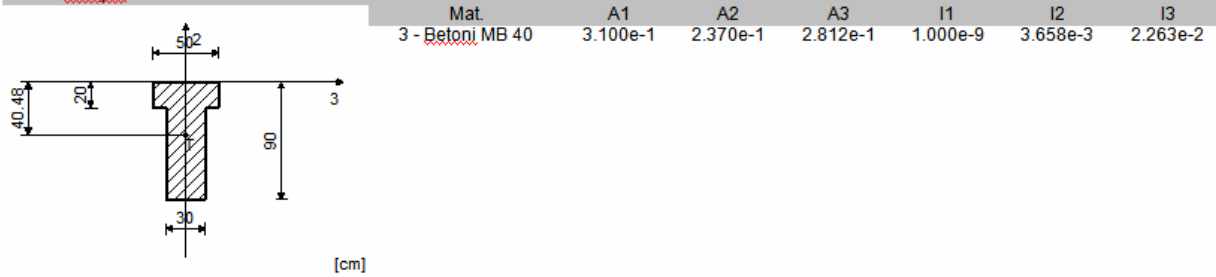


[cm]

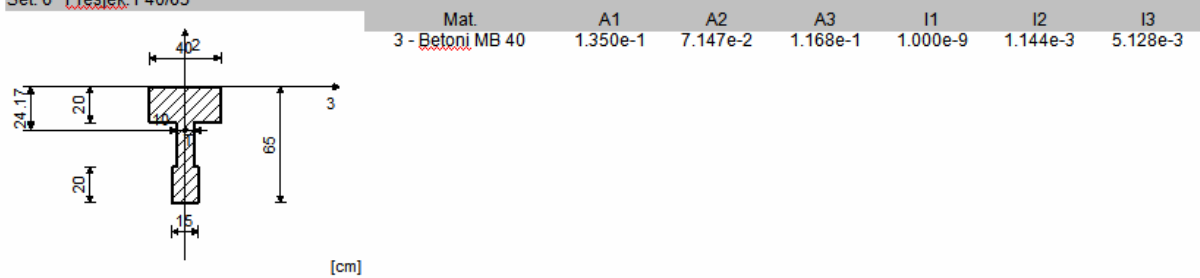
Mat	A1	A2	A3	I1	I2	I3
2 - Celiku	2.260e-2	9.275e-3	1.333e-2	3.990e-6	1.127e-4	1.412e-3



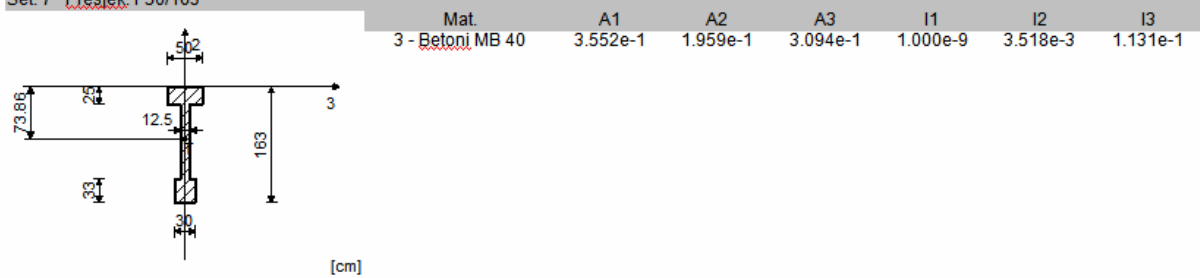
Set 4 Presjek: T 50/90



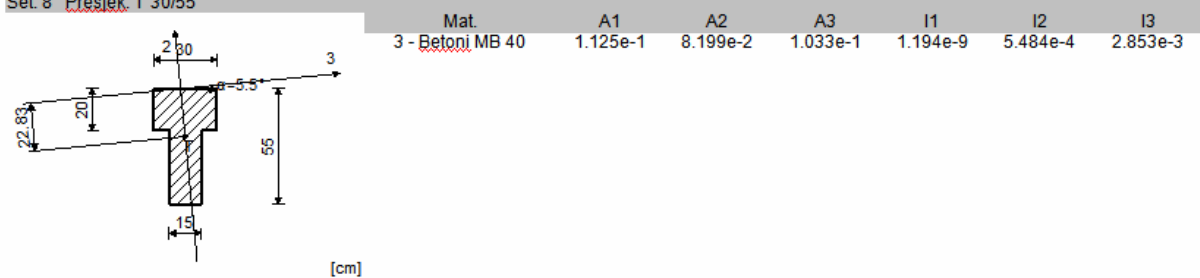
Set 6 Presjek: I 40/65



Set 7 Presjek: I 50/163

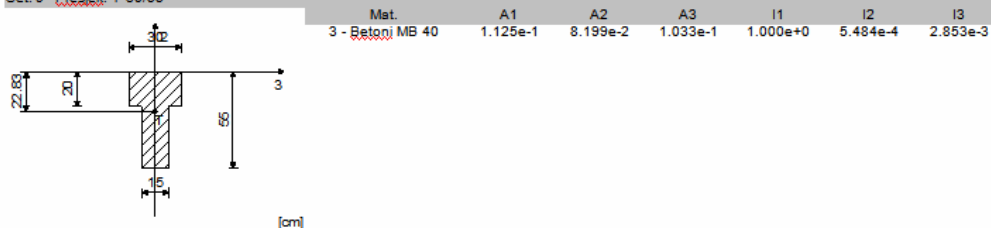


Set 8 Presjek: T 30/55





Set: 9 Presjek: T 30/55

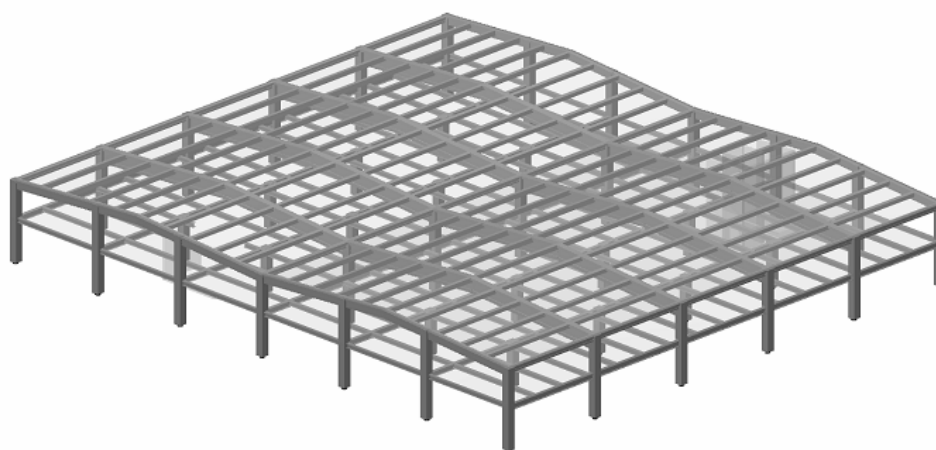


Setovi linijskih ležajeva

Set	K,R1	K,R2	K,R3	K,M1	Ug [m]
1	1.000e+10	1.000e+10	1.000e+10	1.000e+10	

Setovi točkastih ležajeva

1	K,R1	K,R2	K,R3	K,M1	K,M2	K,M3
	1.000e+10	1.000e+10	1.000e+10	1.000e+10	1.000e+10	1.000e+10



Izometrija

### 3. KONSTRUKCIJSKI MATERIJALI

Za izgradnju betonskog dijela građevine koristi se beton projektiranog sastava, razreda tlačne čvrstoće normalnog betona C 30/37 (MB-40), a sve prema "Tehničkim propisima za betonske konstrukcije" ("TPBK" N.N. 101/05; 74/06; 85/06; 64/07). Kao armatura koristi se betonski čelik B 500 (tip B, prema TPBK) za sve elemente, u obliku šipki ili mreža. Zaštitni slojevi betona do armature iznose 2.0 - 5.0 cm. Za čelične konstrukcije koriste se čelični vruće valjani profili i limovi prema HRN C.B0.500 za opće konstrukcijske čelike i prema HRN EN 10025-2:2007 - čelik S355JR.



## 4. OPTEREĆENJA NA KONSTRUKCIJU

### 4.1. Stalno opterećenje (vlastita težina konstrukcijskih elemenata)

Uključeno je kroz numerički model.

### 4.2. Dodatno stalno opterećenje (težine nekonstrukcijskih elemenata)

(Napomena: Prikazano je dodatno stalno opterećenje za supermarket)

	$d$ (m)	$\gamma$ (kN/m <sup>3</sup> )	$d \times \gamma$
Završni sloj poda	0.025	25.0	0.60
AB estrih	0.08	25.0	2.00
Termoizolacija (prosječno 10.0 cm)	0.10	5.0	0.50
Hidroizolacija	0.02	20.0	0.40

### 4.3 Korisno opterećenje

$$q = 7.50 \text{ (kN/m}^2\text{)}$$

Napomena: Nije napravljena kombinacija opterećenja, tj. postavljanje pokretnog opterećenja u najkritičnije položaje, već je pokretno opterećenje uvećano za 20%.

### 4.4. Snijeg

Posušje se nalazi na oko 640 m n.m. Prema prijedlogu NAD-a i istraživanja opterećenja snijegom na području Republike Hrvatske (BIH)[11], te preporukama europske norme ENV 1991-2-3:1995, uzima se karakteristično opterećenje snijegom (nadmorska visina do 640 m n.m.):  $s_0 = 3 \text{ kN/m}^2$





Nadmorska visina do (m)	I. područje	II. područje	III. područje	IV. područje
100	1.10	1.10	0.45	0.35
200	K1.30	1.40	0.80	0.50
300	1.55	1.75	1.20	0.70
400	1.80	2.20	1.65	0.90
500	2.05	2.65	2.15	1.15
600	2.35	3.15	2.70	2.70
700	2.65	3.70	3.30	3.30
800	2.95	4.25	3.95	3.95
900	3.25	4.90	4.65	4.65
1000	3.60	5.55	5.40	5.40
1100	3.95	6.25	6.20	6.20
1200	4.30	7.00	7.05	7.05
1300	-	7.80	7.95	7.95
1400	-	8.65	8.90	8.90
1500	-	9.50	9.90	9.90
1600	-	10.40	10.95	10.95
1700	-	11.40	12.05	12.05
1800	-	-	13.20	13.20

#### 4.5. Vjetar

Opterećenje vjetrom odabrano je prema: EC1, Dio 2-4: Djelovanja vjetra i europskoj prednormi ENV 1991-2-4: Djelovanja na konstrukcije opterećene vjetrom, te nacionalnom dokumentu za primjenu u Republici Hrvatskoj (BIH). Građevina se nalazi u Posušju (Zapadno-hercegovačka županija), na poziciji gdje je uglavnom nezaštićena od djelovanja vjetra. Prema navedenim normama, lokacija je smještena u III. području djelovanja vjetra, te je osnovno djelovanje vjetra:

$$v_c = 33.0 \text{ m/s}$$

$$C_{dir} = 1.0$$

$$C_{tem} = 1.0$$

$$C_{alt_s} = 1.0 + 0.001 \cdot a_s$$

$$a_s = 640 \text{ m n.m.}$$

$$C_{att} = 1.0 + 0.001 \cdot a_s = 1.0 + 0.001 \cdot 640 = 1.64$$

$$v_{ref} = C_{dir} \cdot C_{tem} \cdot C_{alt} \cdot v_0 = 1.0 \cdot 1.0 \cdot 1.64 \cdot 33 = 54.12 \text{ m/s}$$

$$P_{Zr} = 1.25 \text{ kg/m}^3$$

$$W_{ref} = (P_{Zr} \cdot v_{ref}^2) / 2 = 0.68 \text{ kN/m}^2$$

Djelovanje vjetra na visini 10.35 m iznad tla:

$$W_{ref} = c_r(z) \cdot c_t(z) \cdot w_{ref} = [k_r \cdot \ln(z/z_0)] \cdot 1.0 \cdot 0.68 = [0.19 \cdot \ln(10.35/0.05)] \cdot 1.0 \cdot 0.68 = 0.688 \text{ kN/m}^2$$

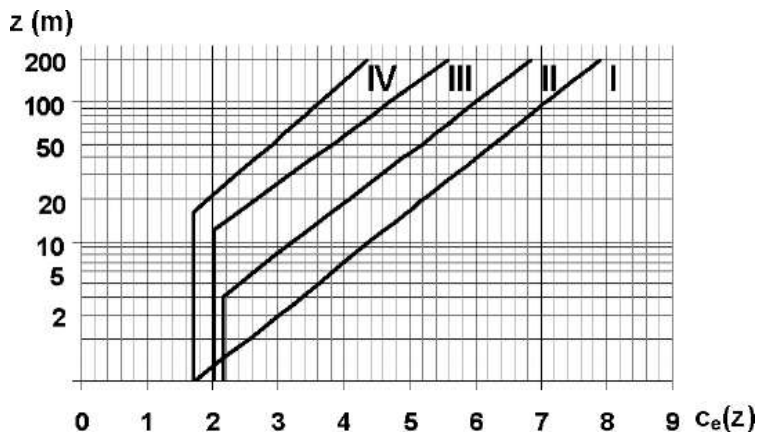
Koeficijent sile:

$$c_f = 1.00$$

Dinamički koeficijent sile:

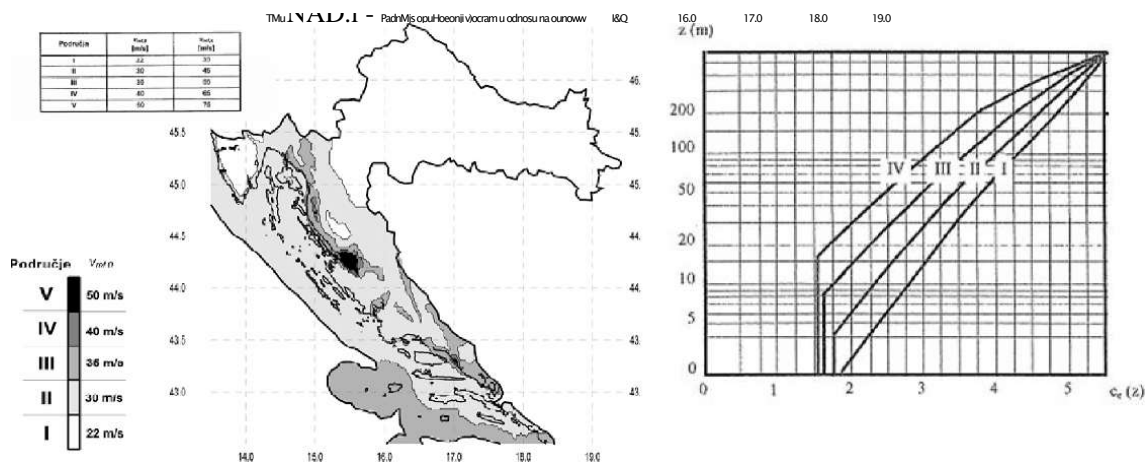
$$c_d = 1.0 \text{ (iz dijagrama)}$$

Koeficijent položaja  $c_e(z)$  za kategoriju terena I i prosječnu visinu do 10.35 m iznad terena:  $c_e(z) = 4.35$



Rezultirajuće opterećenje vjetrom:

$$W = W_{ref} \cdot c_e(z) \cdot c_d \cdot c_f = 0.68 \cdot 4.35 \cdot 1.0 \cdot 1.0 = 2.95 \text{ kN/m}^2$$



Slika 1. Opterećenje vjetrom

#### 4.6. Temperatura

Temperaturno djelovanje zbog razlika u temperaturi kod montaže čelične konstrukcije (otvoreni objekt) uzeto je u proračunu konstrukcije preko jednolike temperature  $t_s = 50^\circ\text{C}$ .

#### 4.7. Potres

Potresne sile proračunate su po EC8. Građevina je smještena u 8. potresnoj zoni prema važećoj seizmičkoj karti. Usvojeno projektno ubrzanje tla je  $a=0.2g$ . Građevina je temeljena na stijenskom masivu tlu visoke krutosti nepoznate dubine, što odgovara klasi tla A, prema parametrima danim u geotehničkom elaboratu. Pretpostavlja se srednja klasa ponašanja: DCM (medium ductility):

$$\alpha = a_g/g = 0.20 \quad S = 1.15 \quad \beta = 2.5 \quad \eta = 1.0 \quad T_B = 0.15 \quad T_C = 0.40 \\ T_D = 2.0$$





Faktor značaja:  $y = 1.20$  (zgrada povećane seizmičke otpornosti).

Faktor ponašanja  $q$ :

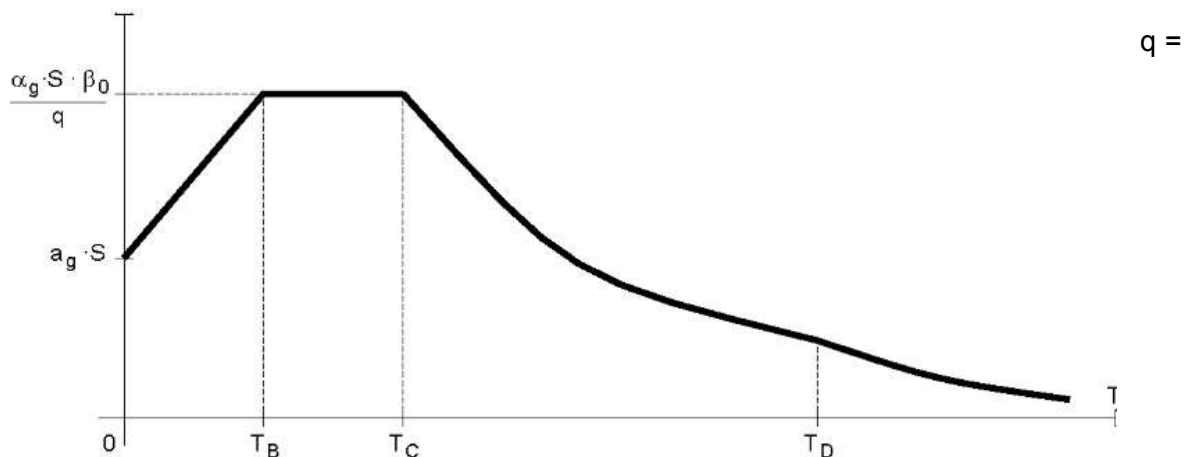
$$q = q_0 \cdot k_d \cdot k_r \cdot k_w$$

$q_0$  - osnovna vrijednost faktora ponašanja;  $q_0 = 3.60$  (okvirni sustav)

$k_d$  - faktor klase duktilnosti; uzima se srednja klasa duktilnosti (M);  $k_d = 0.75$

$k_r$  - faktor pravilnosti konstrukcije;  $k_r = 1.0$  - pravilna konstrukcija

$k_w$  - faktor loma,  $k_w = 1.0$  - okvirni sustav



$$3.60 \cdot 0.75 \cdot 1.0 \cdot 1.0 = 2.75$$

Za seizmički koeficijent bira se maksimalna vrijednost:  $T_B < T_i < T_C$

$$S_d(T_i) = \alpha \cdot S \cdot (\beta/q) = 0.21$$

Građevina potresne sile preuzima obodnim zidovima, stupovima i gredama te jezgrama.

#### 4.8. Puzanje betona

Vrijednost koeficijenta puzanja betona  $\varphi(t, t_0)$  prema dodatku B HRN ENV 1992-1-1:

$$\varphi(t, t_0) = \varphi_0 \cdot \beta_c(t, t_0)$$

$\varphi_0$  – je osnovni koeficijent puzanja, pretpostavlja se da će se konstrukcija značajnije opteretiti 28 dana nakon očvršćavanja betona

$$h_0 = 101 \text{ mm}$$

$$\varphi_0 = \varphi_{rh} \cdot \beta(f_{cm}) \cdot \beta(t_0)$$

- pri čemu je:
- $\varphi_{rh}$  – koeficijent koji uzima u obzir relativnu vlažnost
  - $\beta(f_{cm})$  – koeficijent koji uzima u obzir čvrstoću betona
  - $\beta(t_0)$  – koeficijent koji uzima u obzir starost betona u trenutku nanošenja opterećenja



$$\varphi_{rh} = 1 + \frac{1 - \frac{RH}{100}}{0.1\sqrt[3]{h_0}} = 1 + \frac{1 - \frac{80}{100}}{0.1\sqrt[3]{101}} = 1.43$$

$$\beta(f_{cm}) = \frac{16.80}{\sqrt{f_{cm}}} = \frac{16.80}{\sqrt{30}} = 3.067$$

$$\beta(t_0) = \frac{1}{(0.1 + t_0^{0.20})} = \frac{1}{(0.1 + 28^{0.20})} = 0.488$$

$$\varphi_0 = \varphi_{rh} \cdot \beta(f_{cm}) \cdot \beta(t_0) = 1.43 \cdot 3.067 \cdot 0.488 = 2.140$$

## 5. NUMERIČKI MODEL KONSTRUKCIJE

Za potrebe proračuna nosive konstrukcije građevine izrađeni su štapno-pločasti modeli. Model je opterećen stalnim opterećenjem (vlastita težina konstrukcije i nekonstrukcijskih elemenata) te korisnim opterećenjem, pri čemu su sva opterećenja zadana kao raspodijeljena opterećenja po pločama. Korisno opterećenje je uvećano za 20%, da bi se izbjeglo postavljanje pokretnog opterećenja u najnepovoljnije položaje. Rezultati numeričkog proračuna su prikazani za pojedinačne slučajeve opterećenja, kao i za računsko (granično, ultimativno) opterećenje. Uobičajena kombinacija opterećenja se dobiva kao kombinacija stalnog i pokretnog opterećenja, te opterećenja snijega i vjetra, prema izrazu:

$$e = 1.35 g + 1.5 (q + s + w)$$

Izvanredna kombinacija opterećenja se dobiva kao kombinacija stalnog i pokretnog opterećenja te potresa, prema izrazu:

$$e = 1.0 g + 1.0 \cdot \psi_{02} \cdot q + 1.0 \Delta$$

Model je proračunat programskim paketom "Tower 7" - program za analizu linijskih i pločastih sustava.

### 5.1. Korišteni propisi

Proračun je izvršen prema propisima:

- EUROCODE 0: PROPISI PRORAČUNA
- EUROCODE 1: ANALIZA OPTEREĆENJA
- EUROCODE 2: BETONSKE KONSTRUKCIJE
- EUROCODE 3: METALNE KONSTRUKCIJE
- EUROCODE 4: SPREGNUTE KONSTRUKCIJE
- EUROCODE 8: PROJEKTIRANJE SEIZMIČKI OTPORNIH

KONSTRUKCIJA



## 5.2. Kontrola kvaliteta

### Beton

U procesu kontrole kvaliteta betona obuhvatiti:

- kontrolu proizvodne sposobnosti tvornice betona,
- kontrolu komponenata betona,
- kontrolu svježeg betona,
- kontrolu očvrstnutog betona i ocjenu postignute marke betona,
- kontrolu ugradnje i njegovanja betona.

Gore spomenute faze kontrole kvaliteta betona provesti sukladno Pravilniku EUROCODE 2 i važećim standardima.

### Armatura

U procesu kontrole kvaliteta armature koja se ugrađuje obuhvatiti:

- kontrolu šipkaste armature (laboratorijsko ispitivanje čvrstoće na kidalici)
- kontrolu mrežaste armature.

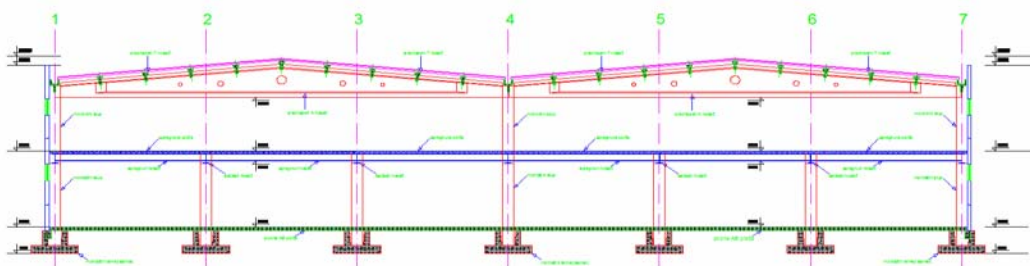
Pri kontroli kvaliteta armature u svemu postupiti po Pravilniku EUROCODE 2 i važećim standardima.

### Čelik

Profili koji će se koristiti su vruće valjani profili kase čelika S355, i tankoslojni čelični trapezni limovi koji će se ugrađivati u spregnutu međukatnu konstrukciju. Iz navedenih razloga moraju zadovoljavati sljedeće:

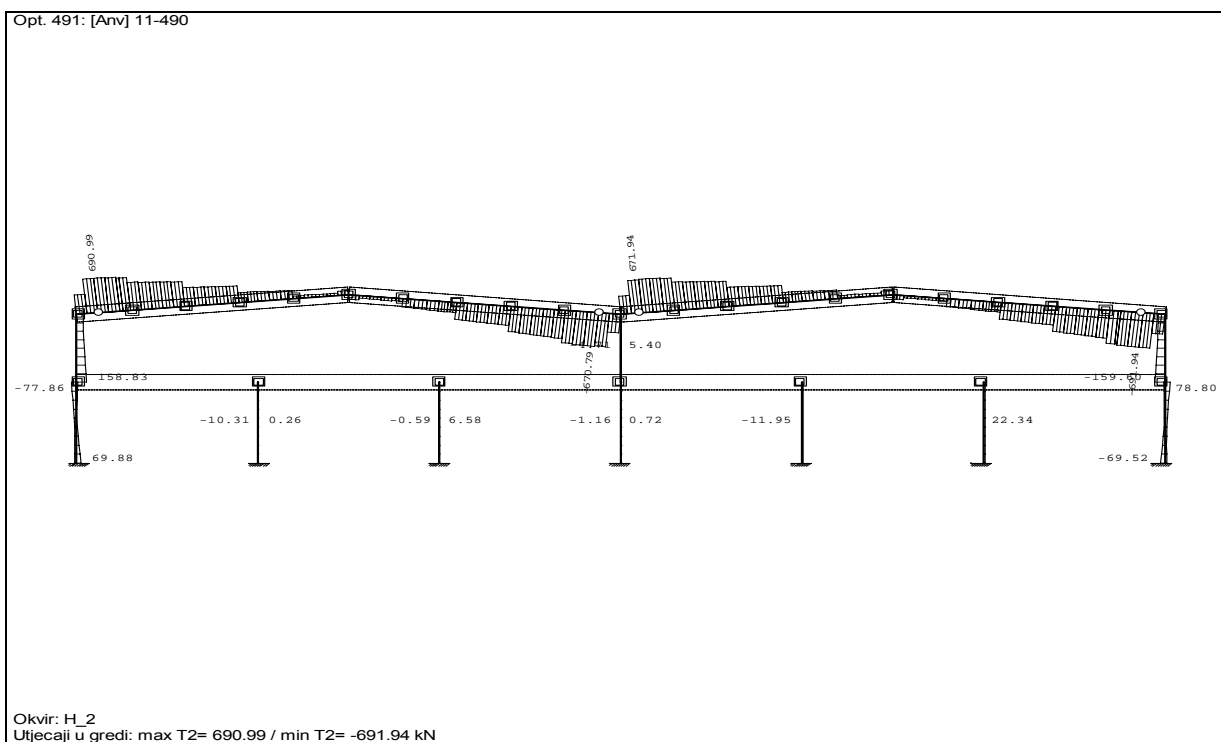
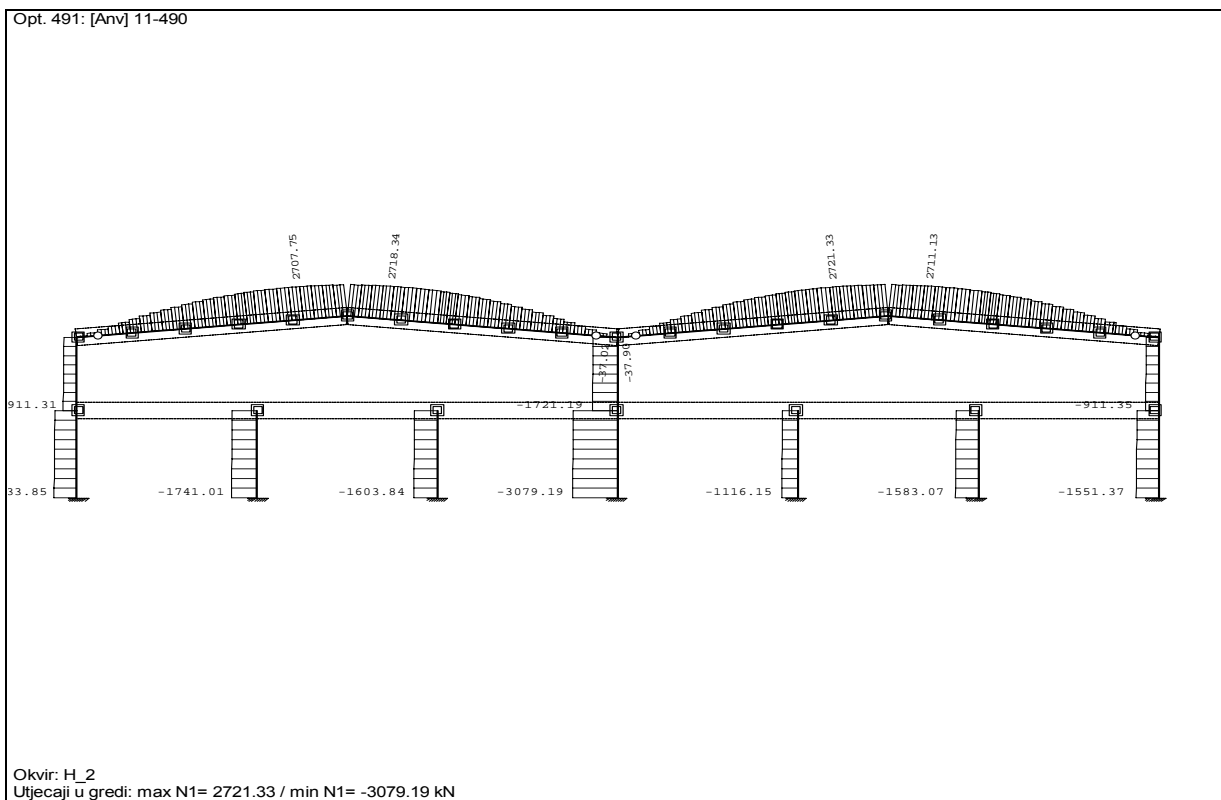
- kontrolu na razvlačenja i granicu kidanja po EC3
- profili prethodno moraju biti zaštićeni odgovarajućim antikorozivnim sredstvima (vrući cink+završna boja)

### - POPREČNI PRESJEK 1-1:



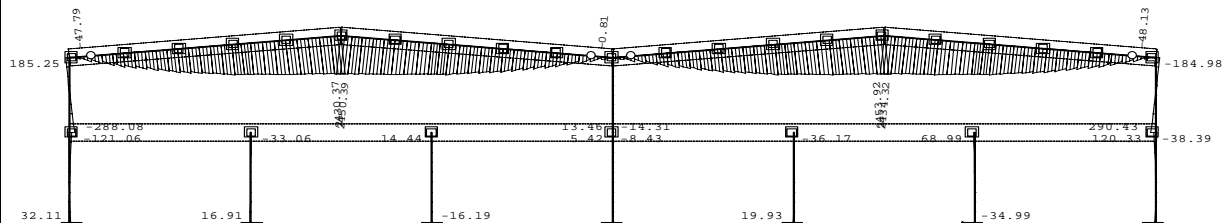


## - PRESJEČNE SILE ZA PRESJEK 1-1:



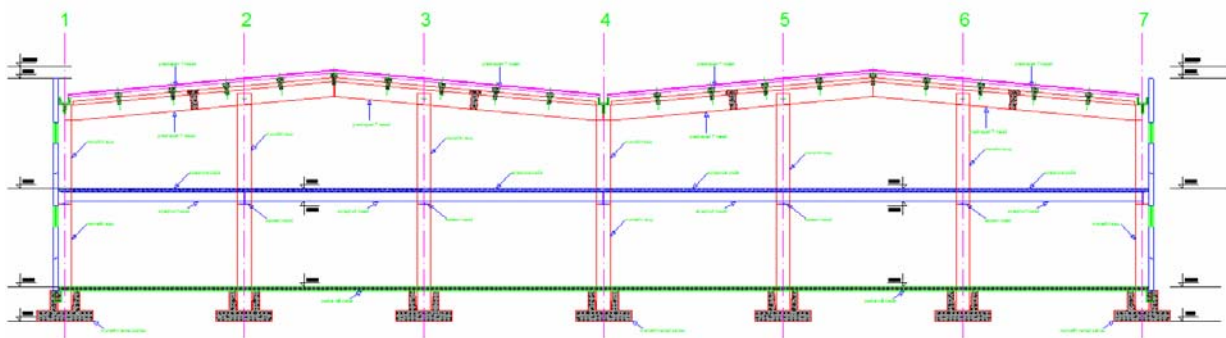


Opt. 491: [Anv] 11-490



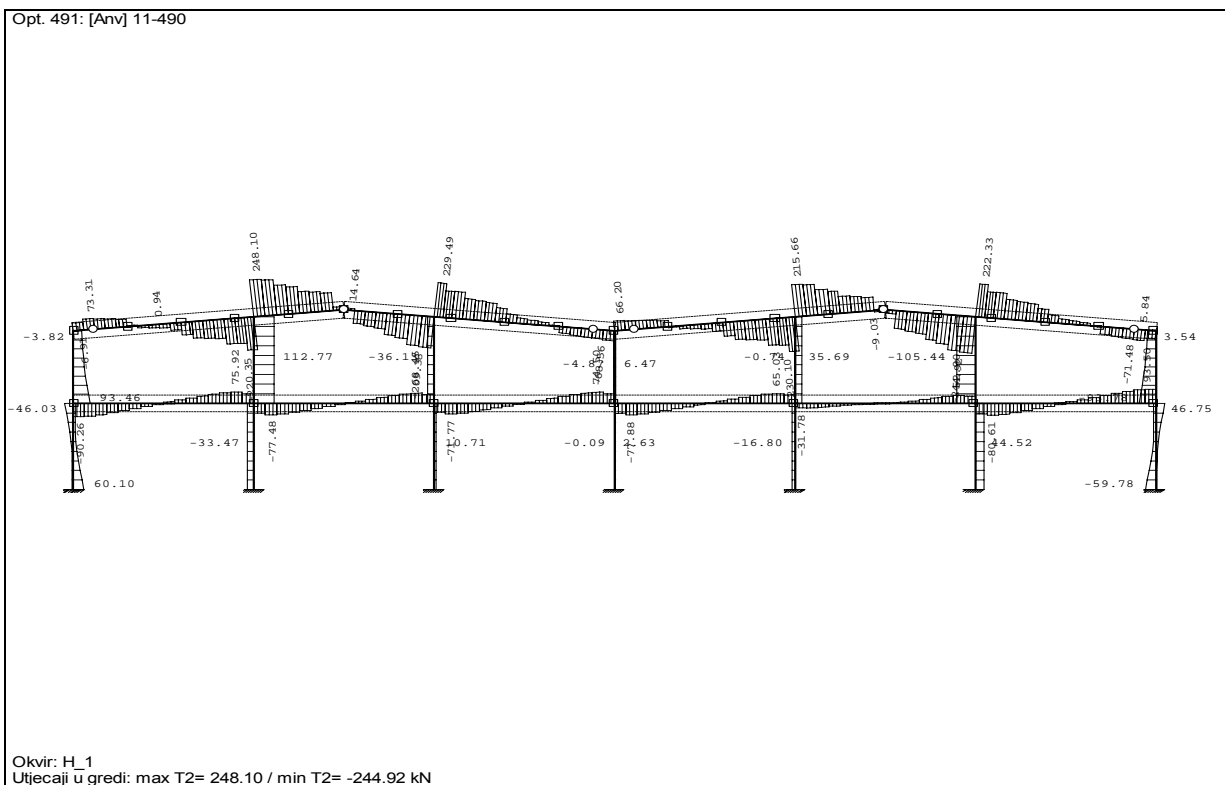
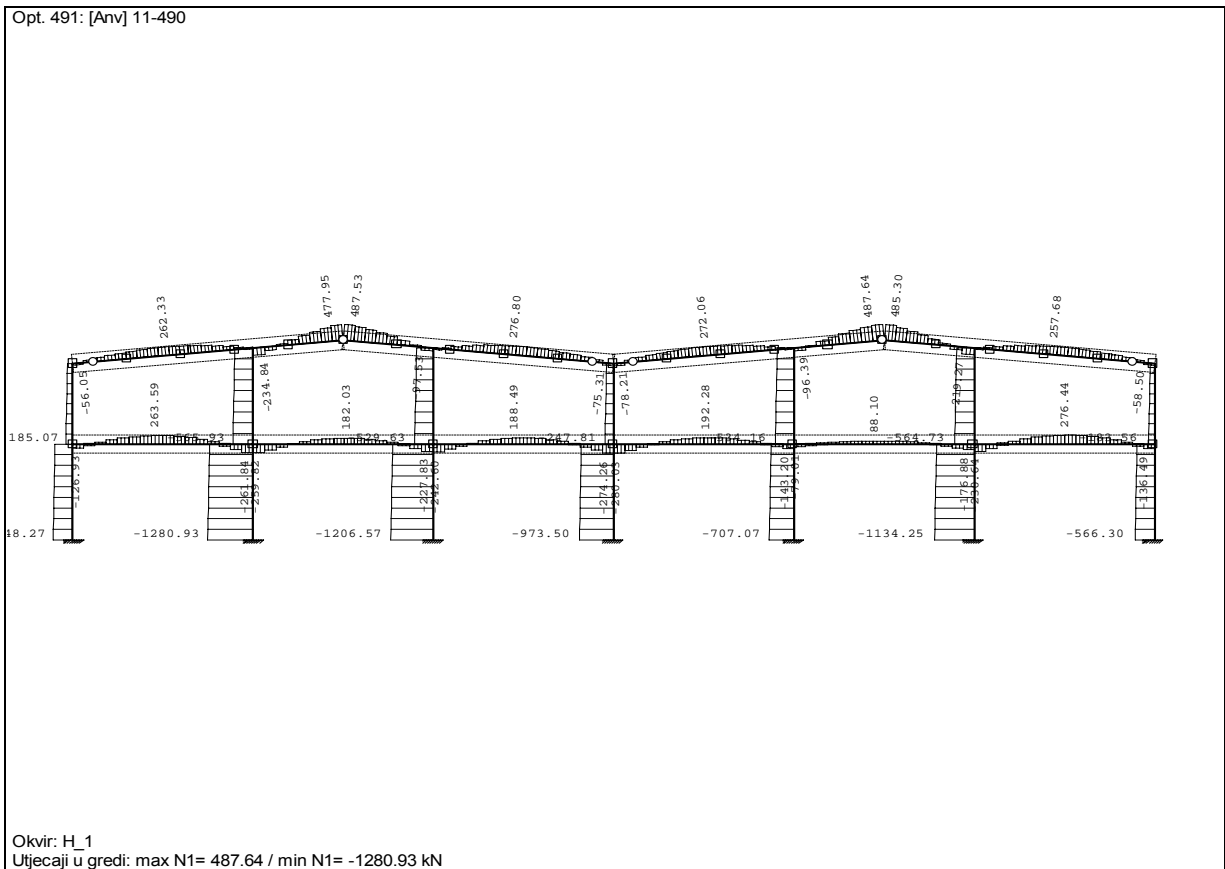
Okvir: H\_2

Utjecaji u gredi: max M3= 2453.92 / min M3= -288.08 kNm

**-POPREČNI PRESJEK 2-2:**

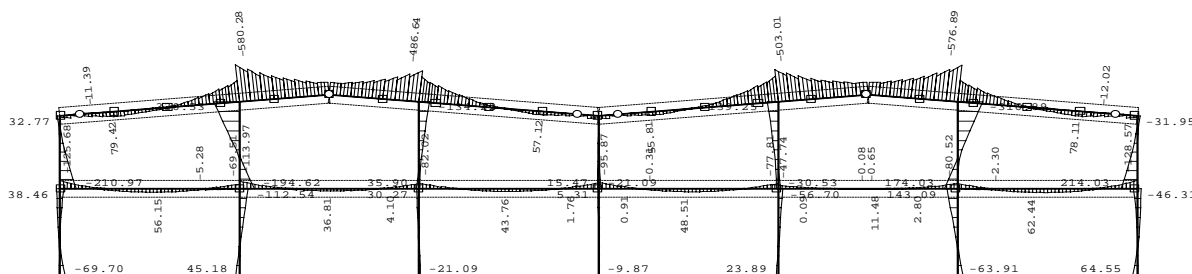


## -PRESJEČNE SILE ZA PRESJEK 2-2:



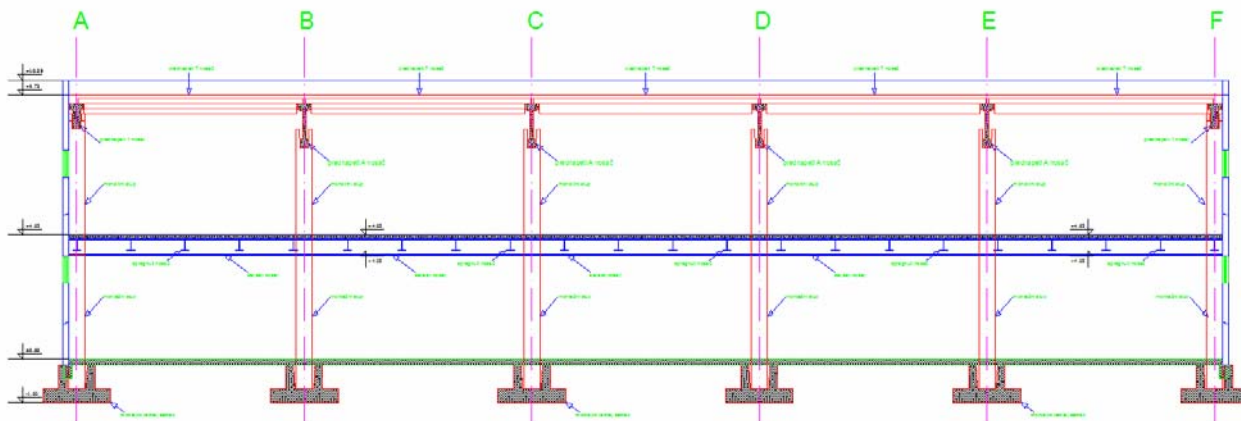


Opt. 491: [Anv] 11-490



Okvir: H\_1  
Utjecaji u gredi: max M3= 330.53 / min M3= -580.28 kNm

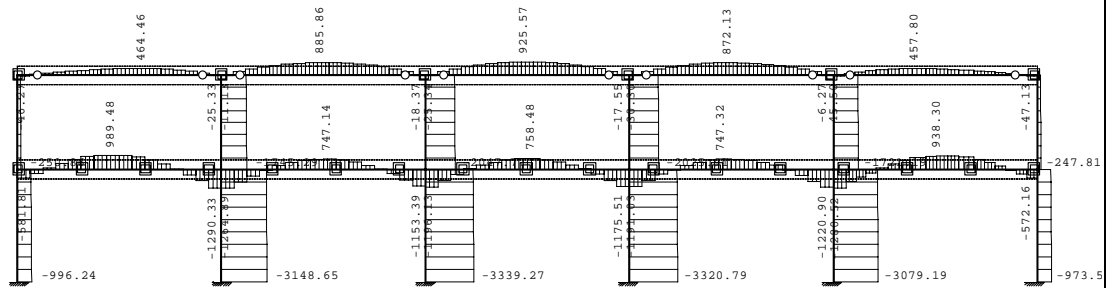
**-POPREČNI PRESJEK 3-3:**





**-PRESJEČNE SILE ZA PRESJEK 3-3:**

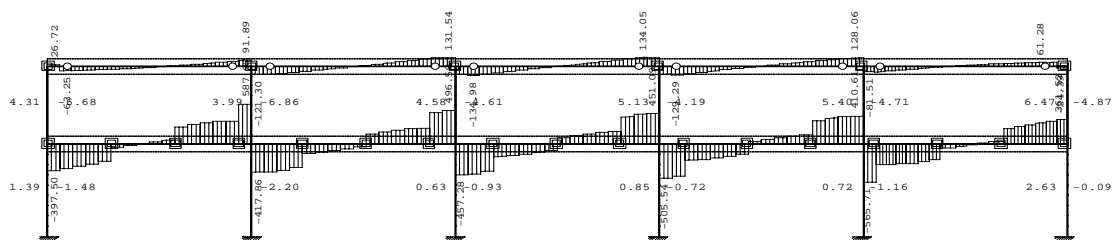
Opt. 491: [Anv] 11-490



Okvir: V\_4

Utjecaji u gredi: max N1= 989.48 / min N1= -3339.27 kN

Opt. 491: [Anv] 11-490



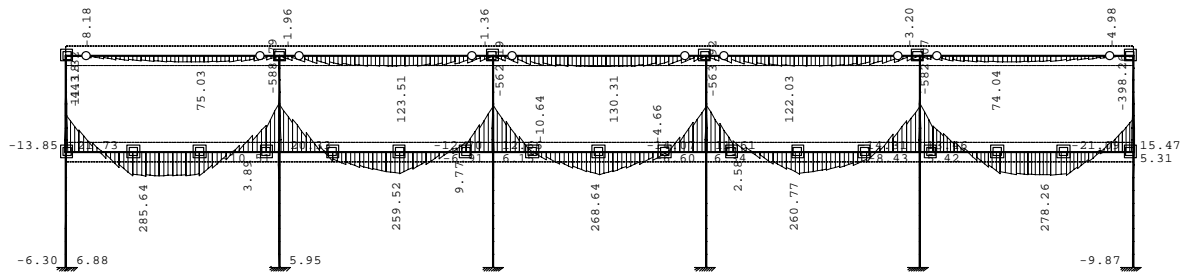
Okvir: V\_4

Utjecaji u gredi: max T2= 587.97 / min T2= -565.71 kN





Opt. 491: [Anv] 11-490



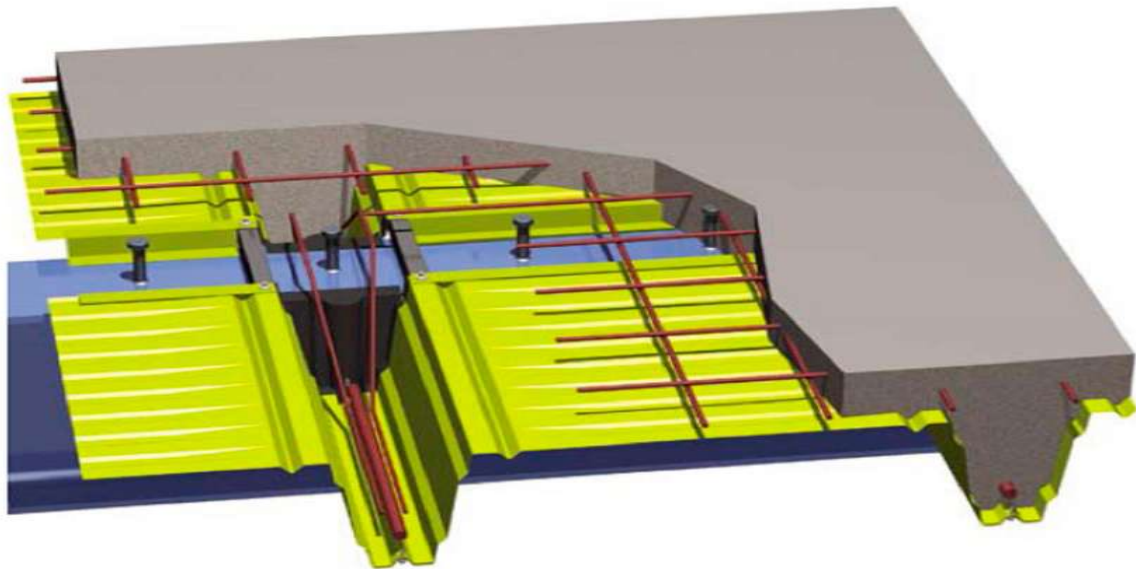
Okvir: V\_4

Utjecaji u gredi: max M3= 285.64 / min M3= -588.79 kNm

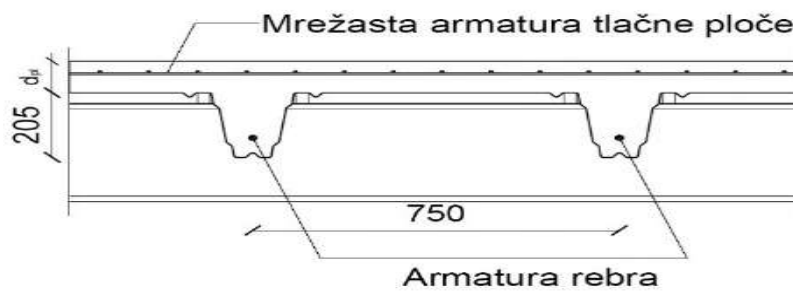
## 6. PRORAČUN MEĐUKATNIH KONSTRUKCIJA NA VERTIKALNA OPTEREĆENJA

### 6.1 Spregnuta ploča, „Hoesch additive floor“

Hoesch Additive Floor je lagana stropna konstrukcija, oko 40% lakša od punih betonskih podova, potrebne visine presjeka su manje nego kod armirano-betonskih ploča. Hoesch limovi služe kao izgubljena oplata i nose sva opterećenja u fazi izvedbe konstrukcije do očvršćenja betonske ploče, nisu poduprti tijekom izvođenja. Betonska ploča se izvodi lijevanjem na licu mjesta.



Proračun spregnute betonske konstrukcije proveden je sukladno europskim normama, te tehničkim uputama proizvođača trapeznih limova. Proračun spregnute betonske ploče:



Armatura rebara:  
 - Ø16 za dpl=10 cm  
 - Ø14 za dpl=15 cm  
 - Ø14 za dpl=18 cm

Debljine ploče:  
 - 10 cm osim gdje je naznačeno drugačije

BETON: C30/37  
 ČELIK: S355 JR

b	75.00	cm		
h	30.50	cm	C 30/37	
d, $(<y$	5.00	cm	f*	2.00 kN/cm <sup>2</sup>
d	25.50	cm		43.48 kN/cm <sup>2</sup>
Msd	17.76	kNm	Jednostruko armiranje	
N.«	0.00	kN	CB	2.080 %
Ei1	10.0	%0	P	0.086 %
S=2	0.7	%0	5	0.066
Mi.	17.76	kNm	5	0.977
«»	155.24	kNm	A <sub>s</sub>	1.64 cm <sup>2</sup>
	0.018		A <sub>s</sub>	0.00 cm <sup>2</sup> 2.29 cm <sup>2</sup>
			A <sub>s</sub> »»	

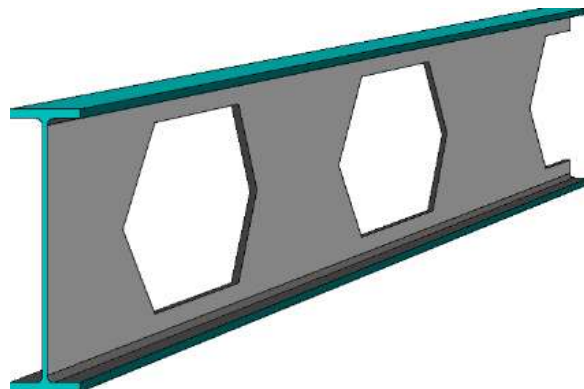
Odabrana armatura: 1Ø16 (A<sub>s</sub>=2.01 cm<sup>2</sup>/m)



Slika 2. Detalji izvođenja spregnute ploče

## 6.2 Saćasti nosač

Glavni nosači spregnute međukatne konstrukcije projektirani su kao saćasti nosači. Saćasti nosači se izvide od valjanih ili zavarenih I profila rezanjem hrpta, razmicanjem i horizontalnim pomicanjem gornjeg dijela nosača u odnosu na donji te zavarivanjem istaknutih dijelova hrpta, čime se dobivaju nosači veće visine od izvornih I profila.



Slika 3. Saćasti nosač



Otvori u hrptu omogućuju nesmetan prolazak instalacija unutar visine nosača čime se dodatno ne povećava visina konstrukcije. Glavni nosači spregnute međukatne konstrukcije projektirani su od vruće valjanih HEA600 profila. Statički sustav glavnih nosača je kontinuirani nosač raspona 8.40 m, a raster glavnih nosača je 8.0 m. Stabilnost protiv bočnog izvijanja gornjeg pojasa konstrukcije osigurana je armiranobetonskom pločom u fazi korištenja konstrukcije. Stabilnost donjeg pojasa u području negativnih momenata osigurana je uz pomoć kosnika prihvaćenih na sekundarnu konstrukciju.

Sekundarni nosači projektirani su od vruće valjanih profila: HEA450, zglobno oslonjenih na glavne nosače. Raspon sekundarnih nosača je 8.0 m, a nalaze se na razmaku 2.62 m. Stabilnost protiv bočnog izvijanja gornjeg pojasa sekundarne konstrukcije osigurana je armiranobetonskom pločom u fazi korištenja konstrukcije.

Debljina armirano-betonske ploče iznosi 10 i 15 cm. Sprezanje čeličnih nosača i armirano-betonske konstrukcije ostvareno je čepastim moždanicama tipa Nelson koji preuzimaju posmičnu silu na kontaktnoj površini čelika i betona. Spojevi sekundarne i glavne konstrukcije projektirani su kao montažni spojevi uz pomoć vijaka kvalitete 10.9 pritegnutih punom silom pritezanja. Proračun spregnute konstrukcije izvršen je za 2 granična stanja: krajnje granično stanje i granično stanje uporabljivosti. Proračun učinka djelovanja za oba granična stanja proveden je kroz 3 faze: faza montaže (čelični nosač), faza s utjecajem puzanja betona (spregnuti nosač) i faza bez utjecaja puzanja betona (spregnuti nosač). U fazi montaže konstrukcija je opterećena vlastitom težinom čelične i armirano-betonske konstrukcije. U drugoj fazi konačna konstrukcija je opterećena dodatnim stalnim opterećenjem i s 40% korisnoga opterećenja, pri čemu je uključeno puzanje betona tlačne ploče. U trećoj fazi model je opterećen s 60% korisnoga opterećenja, puzanje betona nije uključeno. Odnos korisnog opterećenja u drugoj i trećoj fazi definiran je na temelju iskustvenih saznanja projektanata konstrukcije na građevinama slične namjene.

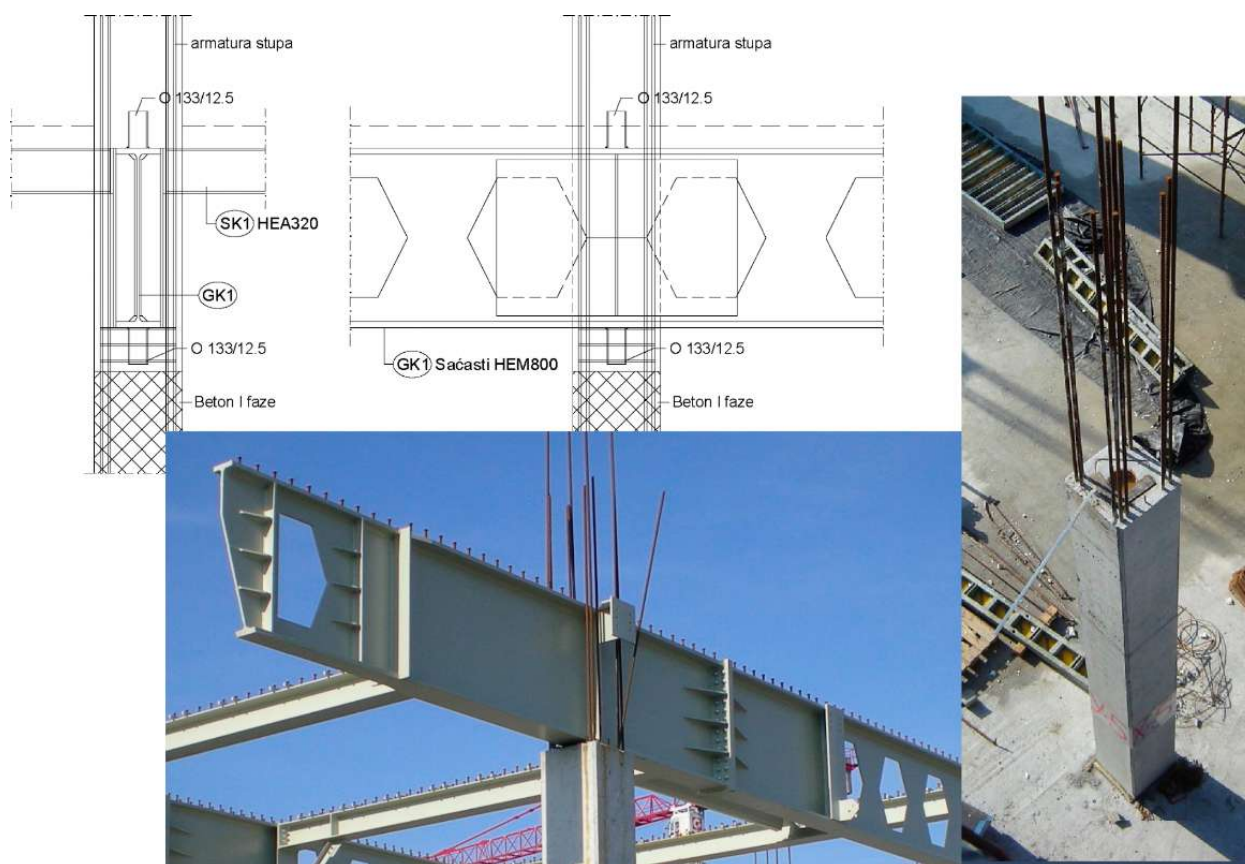
Dimenzioniranje glavnog sačastog nosača za dokaz nosivosti krajnjeg graničnog stanja izvršeno je kontrolom nosivosti čeličnog presjeka za negativni moment savijanja i pozitivni moment savijanja u fazi montaže, koristeći izraze iz [8] aneks N, spregnutog presjeka čelik beton za pojedine faze opterećenja za pozitivni moment savijanja i kontrolom posmične veze između čelika i betona.



Slika 4. Montažni nastavak glavnog sačastog nosača



Slika 5. Montaža glavnih i sekundarnih nosača



Slika 6. Detalj spoja glavnog nosača s armirano betonskim montažnim stupom



Slika 7. Detalj varenja vilica stupa za glavni sačasti nosač



Slika 8.



## LITERATURA

1. Betonske konstrukcije (Ivan Tomičić - Zagreb 1996)
2. Betonske konstrukcije – riješeni primjeri (Jure Radić i suradnici – Zagreb 2006)
3. Betonske konstrukcije 3 – građenje (Jure Radić i suradnici – Zagreb 2008)
4. Osnove betonskih konstrukcija (Jure Radnić, Alen Harapin – Split 2007)
5. Spregnute konstrukcije 1 (Boris Androić, Darko Dujmović, Ivan Lukačević – Zagreb 2005)
6. Metalne konstrukcije 1 (Boris Androić, Darko Dujmović, Ivica Džeba)
7. Čelični i spregnuti mostovi (Boris Androić, Mehmud Čaušević, Darko Dujmović, Ivica Džeba, Damir Markulak, Bernardin Peropš – Zagreb 2006)