

# Prednapregnute šuplje ploče

---

Zagorec, Aleksandra

Undergraduate thesis / Završni rad

2017

Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj: **University North / Sveučilište Sjever**

Permanent link / Trajna poveznica: <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:122:661019>

Rights / Prava: [In copyright](#)/[Zaštićeno autorskim pravom.](#)

Download date / Datum preuzimanja: **2024-11-27**



Repository / Repozitorij:

[University North Digital Repository](#)



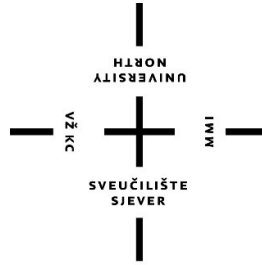


**Sveučilište  
Sjever**

**Završni rad br. 305/GR/2017**

**Prednapregnute šuplje ploče**

**Aleksandra Zagorec, 5675/601**



# Sveučilište Sjever

Odjel za Graditeljstvo

*Završni rad br. 305/GR/2017*

## **Prednapregnute šuplje ploče**

### **Student**

Aleksandra Zagorec, 5675/601

### **Mentor**

Predrag Presečki, dipl.ing.

# Prijava završnog rada

## Definiranje teme završnog rada i povjerenstva

ODJEL	Odjel za graditeljstvo		
PRISTUPNIK	Aleksandra Zagorec	MATIČNI BROJ	5675/601
DATUM	18.09.2017.	KOLEGIJ	Montažno građenje
NASLOV RADA	Prednapregnute šuplje ploče		

NASLOV RADA NA ENGL. JEZIKU	Prestressed hollow core slab		
-----------------------------	------------------------------	--	--

MENTOR	Predrag Presečki	ZVANJE	predavač
--------	------------------	--------	----------

ČLANOVI POVJERENSTVA	1. prof. dr. sc. Božo Soldo		
	2. Predrag Presečki, predavač		
	3. dr. sc. Matija Orešković, viši predavač		
	4. dr. sc. Aleksej Aniskin, viši predavač		
	5. mr. sc. Miroslav Bunić, predavač		

## Zadatak završnog rada

BROJ	305/GR/2017
------	-------------

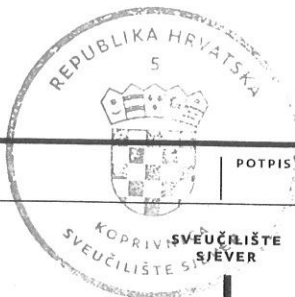
OPIS

Pristupnica treba u radu opisati tehnologiju prednapregnutih šupljih stropnih ploča. Navesti mogućnosti raspona, načine montaže te opisati prednosti i nedostatke. Na primjerima građevina ARENA CENTAR - Zagreb i IKEA - Beograd prikazati dvije različite koncepcije smjera nošenja.

U radu je potrebno obraditi sljedeće:

1. Uvodni dio s općim opisom
2. Karakteristike šupljih ploča
3. Tehnika prednaprežanja
4. Način montaže
5. Primjer statičkog proračuna
6. Prikaz dva primjera primjene na velike građevine

ZADATAK URUČEN 04.09.2017.



POTPIS MENTORA

*Predrag Presečki*

## **Predgovor**

Poštovani,

koristim priliku ovim putem zahvaliti svom mentoru Predragu Presečkom, dipl. ing. građ. na pomoći pri izradi, pronalasku literature i odvojenom vremenu za ovaj završni rada. Želim također zahvaliti svim profesorima koji su svoje znanje prenijeli na studente.

Velike zahvale idu mojoj obitelji, posebno roditeljima Nataši i Mladenu Benko na podršci pruženoj tokom trajanja studija i mom mužu Franju Zagorec na strpljenju.

Želim zahvaliti svim svojim kolegama na pomoći i lakšem razumijevanju gradiva, a posebne zahvale idu kolegicama i prijateljicama Tajani Bencek i Antoni Pupek na nezaboravnom druženju tijekom zajedničkog studiranja.

Svakako moram spomenuti potporu svojih prijateljica Anamarije Brežnjak, Tihane Brežnjak, Silvane Grđan i sestre Ivane Benko.

## **Sažetak**

U ovom završnom radu cilj je obraditi prednapregnute šuplje ploče. Navesti karakteristike, te prednosti i mane spomenutih ploča pred monolitnim pločama. Smanjena težina šupljih ploča od 38 do 54 % pred monolitnim pločama. Izrada ovih ploča je u pogonima pod strogo kontroliranim uvjetima. Prikazuje se koncept pripreme, izrade i transporta te ugradnje prednapregnutih šupljih ploča. Objasniti na koji način se odabiru dimenzije šupljih prednapregnutih ploče (tablični prikaz). Proračunom se prikazuju potrebni podaci za odabir tipa šupljih prednapregnutih ploča. Na primjerima ARENA CENTAR – Zagreb i IKEA – Beograd navode se dva načina oslanjanja šupljih ploča na svoje oslonce (grede). Jedan koncept je oslanjanje ploča kraćeg raspona 8 m na grede raspona 16 m dok drugi prikazuje oslanjanje šupljih ploča duljine 16 m na oslonce duljine 8 m.

Ključne riječi: šuplje ploče, prednapregnute šuplje ploče, mala težina, veliki raspon, brza montaža, kruta ploča

# Sadržaj

1.	Uvod .....	5
2.	Karakteristike šupljih ploča .....	7
2.1.	Opis šupljih ploča.....	7
2.2.	Prednosti šupljih ploča .....	7
3.	Tehnika prednaprezanja šupljih ploča.....	8
3.1.	Čelik za prednapinjanje .....	8
3.2.	Beton .....	9
3.3.	Konačan proizvod –element prednapregnute šuplje ploče .....	10
3.4.	Dimenzije prednapregnutih šupljih ploča.....	10
3.5.	Tablični prikaz prednapregnute šuplje ploče ( Vibrobeton, d.d.) .....	11
4.	Način montaže .....	15
4.1.	Dostavljanje i montiranje prednapregnutih šupljih ploča.....	15
4.2.	Prikaz nekoliko detalja oslanjanja prednapregnute šuplje ploče na oslonce .....	17
4.3.	Sljubnice .....	18
5.	Primjer statičkog proračuna.....	19
6.	Prikaz 2 primjera primjene velikim građevina.....	23
6.1.	ARENA CENTAR – Zagreb .....	23
6.2.	Robna kuća IKEA – Beograd .....	26
6.3.	Usporedba ARENA CENTAR i IKEA .....	30
7.	Zaključak .....	31
8.	Literatura.....	33
	Popis slika.....	34

## 1. Uvod

Šuplje ploče su montažni nosiv elementi koji se koriste za međukatne konstrukcije. Sve češće se koriste u graditeljstvu. Primjenjuju se kod građevina industrijske i stambene gradnje. Njihova zadaća je da prenesu opterećena (korisno opterećenje i opterećenje koje dolazi od vlastite težine) na svoje oslonce te podijeliti objekt na katove. Ova vrsta ploče je novitet u graditeljstvu. Koristi se svega 20-ak godina stoga nema puno literature o pločama, pa su važna iskustva inženjera koji su radili s ovom vrstom ploča, a također i iskustva nekoliko proizvođača tih ploča u našoj regiji (Širbegović inženjering, Bosna i Hercegovina – Branilac grad; Mucić & Co.d.p.o., Republika Hrvatska – Dugopolje; Put inženjering, Srbija – Niš).



*Slika 1.1. Izgled elementa prednapregnute šuplje ploče*

Spadaju u skupinu montažnih elemenata. Izrađuju se u tvornicama u strogo kontroliranim uvjetima. Kao gotovi elementi dopremaju se na gradilište. Time je ubrzan proces izgradnje građevine, ali i olakšana ugradnja. Nije potrebno koristiti oplatu kao ni podupirače jer se gotovi elementi postavljaju jedan do drugog direktno na oslonce.

Šuplje ploče sastoje se od betona, ne napete armature, eventualno napete armature te šupljina. Prema vrsti materijala spadaju u skupinu armirano betonskih elemenata.

Šupljine smanjuju vlastitu težinu ploča što za sobom povlači smanjenje dimenzija ostalih nosivih konstruktivnih elemenata ( greda, stupova, zidova, temelja). Oblik šupljina je kružnog, eliptičnog ili pravokutnog presjeka ovisno o proizvođaču. Šupljine također mogu poslužiti za provođenje električnih instalacija ili nekih drugih instalacije. Nema potrebe za spuštanim stropom. Razmak između šupljina je minimalno 30 mm. Težina šupljih ploča u odnosu na pune armirano-betonske ploče je smanjena 38 - 54%.

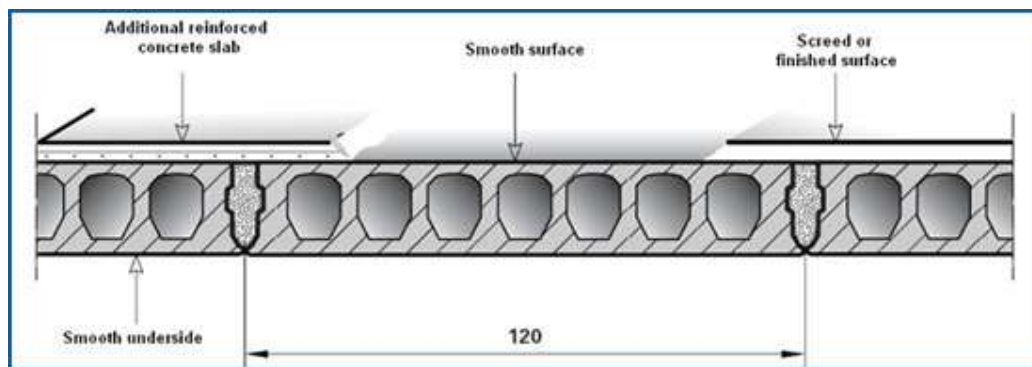
Maksimalan raspon šupljih ploča je 20 m ali uz vrlo mala opterećenja ( $2 \text{ kN/m}^2$ ) stoga se takve ploče koriste u izvedbama hala da se smanji broj vertikalnih nosivih elemenata. Tako velik raspon je moguć kod prednapregnutih šupljih ploča. Ovisno o načinu armiranja ploče mogu biti nosive u jednom smjeru ili u oba smjera.



Dimenzije gotovih elemenata šupljih ploča su najčešće širine 1,2 m. Visina im se kreće u rasponu od 15 cm do 73 cm dok duljina ovisi o potrebnom rasponu maksimalno do 20 m.

Na bočnim stranicama šupljih ploča izrađeni su utori. Slaganjem tih elemenata dobivamo kompaktnu površinu. Spriječen je pomak između elemenata zalijevanjem betonom. Olakšan je time i prijenos posmičnih naprezanja. Na mjestima gdje je potrebno osigurati nekakav otvor (stubišta, dizala...) potrebno je ojačati rub šuplje ploče čeličnim nastavcima koje se zovu prihvatnice.

Kod većih razmaka stropna se konstrukcija projektira kao ploča tzv. horizontalna dijafragma ili disk. Mora prenijeti moment savijanja i posmične sile u svojoj ravnini te ih prenijeti na vertikalne elemente. „Beskonačna krutost“ stropne konstrukcije u vlastitoj ravnini se postiže „monolitizacijom“. Nakon montaže ploča potrebno je zalijati betonom uzdužne sljubnice među pločama (slika 1.2.) te je potrebno dimenzionirati i projektirati rubne serklaže. Time se osigurava zajedničko djelovanje elemenata prednapregnutih šupljih ploča kao krute ploče u horizontalnoj ravnini.



Slika 1.2. Prikazuje sljubnice zalijane betonom

Odabir dimenzija prednapregnutih šupljih ploča uzima se na temelju pokretnog i stalnog opterećenja. S obzirom da se elementi proizvode u pogonu, proizvođači su ti koji daju svoje dimenzije u tabličnom obliku.

Na primjerima je moguće vidjeti kako „jednaka“ upotreba montažnih elemenata (šuplje ploče i grede) ali s različitom koncepcijom oslanjanja šupljih ploča se može postići funkcionalnost stropne konstrukcije.

Godišnje se u svijetu proizvede preko 25 milijuna m<sup>2</sup> šupljih ploča. Na području Europe najviše se koriste u zemljama Beneluksa i Švedskoj preko 50 %.

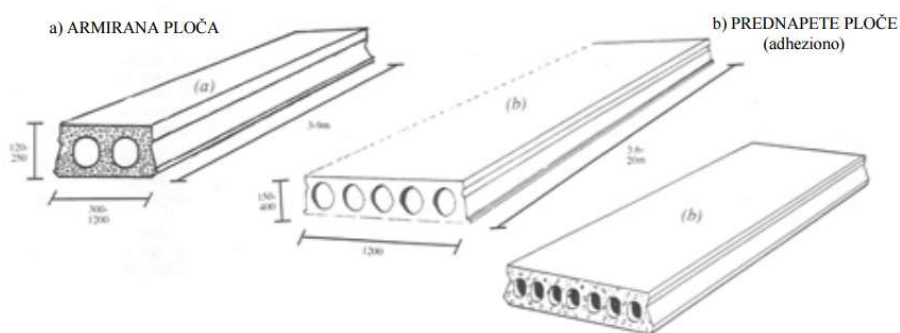
## 2. Karakteristike šupljih ploča

### 2.1. Opis šupljih ploča

Šuplje ploče su montažni armirano betonski elementi čija je zadaća prenijeti opterećenje na svoje oslonce (greda), pregraditi objekt po vertikali na katove (međukatna konstrukcija) i time stvoriti prostor u kojem se mogu neometano obavljati sve životne funkcije (rad ljudi, rad strojeva...).

Riječ montažne govori da su ti elementi rađeni u tvornici pod strogo kontroliranim uvjetima. Potrebno im je osigurati transport od tvornice do gradilišta kao i mjesto na kojem će se sigurno odložiti (na gradilištu) do ugradnje.

Dvije su vrste šupljih ploča armirana šuplja ploča i prednapregnuta šuplja ploča „slika 1.“. Razlika među tim pločama je u rasponu kojeg mogu podnijeti. Armirana šuplja ploča ima raspon do 9 m, dok prednapregnuta šuplja ploča ide do 20 m ali uz mala pokretna opterećenja. Njihov oslonac najčešće su grede koje dalje prenose opterećenje na vertikalne nosive elemente (stup, zid)



Slika 2.1. Vrste šupljih ploča

### 2.2. Prednosti šupljih ploča

Spomenemo li da se radi o šupljim pločama spominjemo također i velike uštede. S obzirom da se šuplje ploče razlikuju od punih armirano betonskih ploča po svojim šupljinama možemo zaključiti da se radi o uštedi materijala od 38% do 54 %. Čim se smanjila količina materijala možemo govoriti i o smanjenju težine same ploče što za sobom povlači smanjenje dimenzija ostalih konstruktivnih elemenata. Zbog svog velikog raspona (do 20 m prednapregnute šuplje ploče) smanjuje se broj oslonca ali i broj vertikalnih konstruktivnih elemenata (stupova). Time je dobiven veći uporabni prostor. Šuplje ploče također je moguće kombinirati zidanim i čeličnim građevinama bez obzira dal se gradi klasičnim sistemom ili montažnim.

Proizvodnja je brza ali i jednostavna. U 24 sata moguće je proizvesti oko 500 m<sup>2</sup> takvih ploča. Izrada šupljih ploča je potpuno automatizirana.

Šupljine imaju više namjena. Uz olakšavanje težine ploče mogu poslužiti i za provođenje raznih instalacija (elektroinstalacije, protupožarne instalacije, instalacije grijanja i hlađenja). Šupljine su smještene oko neutralne osi te se zbog toga neznatno smanjuje moment inercije. Dakle olakšane ploče ne gube na svojoj krutosti što je izrazito važno za dokaz progiba. Šuplje ploče zadovoljavaju dane uvjete za otpornost na požar kao i zvučnu izolaciju.



*Slika 2.2. Prikaz provođenja instalacija kroz šupljine*

### **3. Tehnika prednaprezanja šupljih ploča**

#### **3.1. Čelik za prednapinjanje**

Proces proizvodnje prednapetih elemenata (adhezijski) započinje razvlačenjem čelika za prednaprezanje po stazi u gornjoj i donjoj zoni presjeka. Potrebno je s jedne strane učvrstiti čelik. Najčešće se koristi čelik za prednapinjanje Y1860S – 7 u obliku užeta vlačne čvrstoće 1860 N/mm<sup>2</sup>. ovaj čelik je jači od rebrastog betonskog čelika čak 3,7 puta.

Zahtjevi koje treba ispuniti čelik za prednapinjanje su:

- Visoka čvrstoća
- Niska relaksacija
- Mogućnost oblikovanja savijanja na hladno
- Zavarljivost
- Niska osjetljivost na koroziju (posebno naponsku)
- Geometrijska pravilnost
- Velike dužine pri isporuci

Čelik se provlači kroz otvore sidrišta na kojima se vrši unos sile koja je prethodno predviđena projektom. Sila u užetu ne smije biti prevelika jer bi nakon otpuštanja moglo doći do prevelikog progiba u gornjoj zoni prednapregnute šuplje ploče.



*Slika 3.2. Prednapeto uže za šuplje ploče*

### **3.2. Beton**

Nakon što se unese sila u čelik za prednapinjanje slijedi betoniranje. Najčešće se koristi beton C 50/60 čija je tlačna čvrstoća  $50 \text{ N/mm}^2$ . Beton mora ispunjavati sljedeće zahtjeve:

- Visoka tlačna čvrstoća
- Mali iznos skupljanja i puzanja
- Trajnost
- Minimalni razred tlačne čvrstoće C 30/37

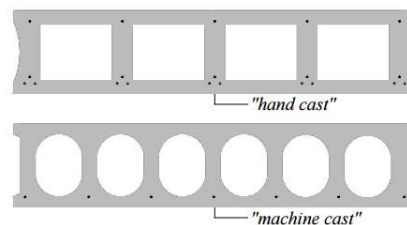
Razlikujemo dva načina ugradnje „hand cast“ i „machine cast“. Kada je riječ o „hand cast“ ugradnja betona je na tradicionalan način nabijačima i vibratorima. Šupljine su tada pravokutnog oblika a dobivaju se postavljanjem polistirena (slika 3.3.) . Ploče izrađene „machine cast“ (slika 3.3.) zapravo su ploče strojno oblikovane. Stroj radi na principu istiskivanje betonske mješavine (slika 3.4.) ili oblikovanje u kliznoj oplati. Stroj uzima beton koji mora biti vrlo krute konzistencije. Šupljine se formiraju svrdlom ili cijevima oko kojih se zbija beton. Nije potrebno korištenje oplata.

Za ploče koje se betoniraju ljevanjem potrebna je izraditi oplatu koja može biti

pričvršćena za stroj (klizna oplata) ili fiksna oplata. U ovom slučaju beton mora biti veće obradljivosti. Otvori se formiraju dugackim cijevima u sastavu stroja koji klizno oblikuje ploču ili fiksiranim cjevima koje su usidrene u oplatu.



*Slika 3.4. Prikaz strojno istiskivanje betonske mješavine*



*Slika 3.3. Razlika između „hand cast“ i „machine cast“ ploča*

### **3.3. Konačan proizvod –element prednapregnute šuplje ploče**

Nakon betoniranja ostavlja se beton da očvrstne i dobije najmanju čvrstoću propisanu projektom. Ploče se režu na potrebnu dužinu.



*Slika 3.5. Gotove prednapregnute šuplje ploče*

### **3.4. Dimenzije prednapregnutih šupljih ploča**

Elementi prednapregnutih šupljih ploča izrađuju se prema potrebama projekta. Dimenzije gotovih elemenata prednapregnutih šupljih ploča najčešće su dane od strane proizvođača tih istih ploča u tablicama (slika 3.6.). Duljina tih ploča (raspon) moguća je do 22 m ali uz vrlo mala opterećenja. Standardna širina je 1.2 m.

**PREDNAPREGNUTE OLAKŠANE PLOČE - PPS**  
najsavremeniji montažni elementi

■ **PROIZVODNI ASORTIMAN**  
obuhvata ploče debljine 20; 26,5; 30; 35; 40; 45, i 50 cm, za korisna opterećenja od 2 do 20 KN/m<sup>2</sup>, te požarne otpornosti REI 60 minuta. U svijetu se godišnje proizvede 25 miliona tona PPS-a.

■ **PREDNAPREGNUTE OLAKŠANE PLOČE (PPS)**  
su montažni konstruktivni elementi sa kontinuiranim unutrašnjim šupljinama koje umanjuju težinu elemenata i stvaraju efikasan nosivi presjek. Riječ je o jedinstvenom proizvodu, raznolike primjene, sa garancijom iznimne vrijednosti u odnosu na ulaganje.

■ **MALA TEŽINA:**  
Težina PPS-a je za 37-54% manja od težine uobičajenih ploča.

■ **VELIKI RASPONI:**  
Prednapregnute olakšane ploče mogu bez oslonca premostiti raspone do 19 metara.

■ **PRILAGODLJIVE SVAKOM SISTEMU GRADNJE**  
Ove se ploče primjenjuju ne samo u armiranobetonskim nosivim konstrukcijama, nego i u zidanim i čeličnim građevinama

■ **UŠTEDE U MATERIJALU:**  
Upotrebom prednapregnutih olakšanih ploča ostvaruje se do 50% uštede betona i 50% uštede armature, u odnosu na klasične ploče. To znači da se pri gradnji 1000m<sup>2</sup> uštedi 35 tona betona i 7,5 tona armature.

■ **ZELENA GRADNJA:**  
Upotrebom jednakih količina materijala, radne snage i energije, proizvede se 1m<sup>3</sup> klasičnih ploča i 2,5m<sup>3</sup> PPS-a.

■ **ISKORIŠTENJE ŠUPLJINA**

■ **OTPORNOST NA POŽAR**

■ **ZVUČNA IZOLACIJA**

■ **VISOK KVALITET**

■ **KRATKI ROKOVI**

■ **FLEKSIBILNOST**

■ **NIŽA CIJENA**

■ **NOSIVOST**

■ **EN 1168:2005+A3:2011**  
■ **HRN EN 11 68:2012**

	<b>PPS-200 max L=800cm</b>
	<b>PPS-265 max L=1000cm</b>
	<b>PPS-300 max L=1200cm</b>
	<b>PPS-350 max L=1400cm</b>
	<b>PPS-400 max L=1600cm</b>
	<b>PPS-450 max L=1800cm</b>
	<b>PPS-500 max L=1900cm</b>



MADE IN EN1  
www.sirbegovic.com

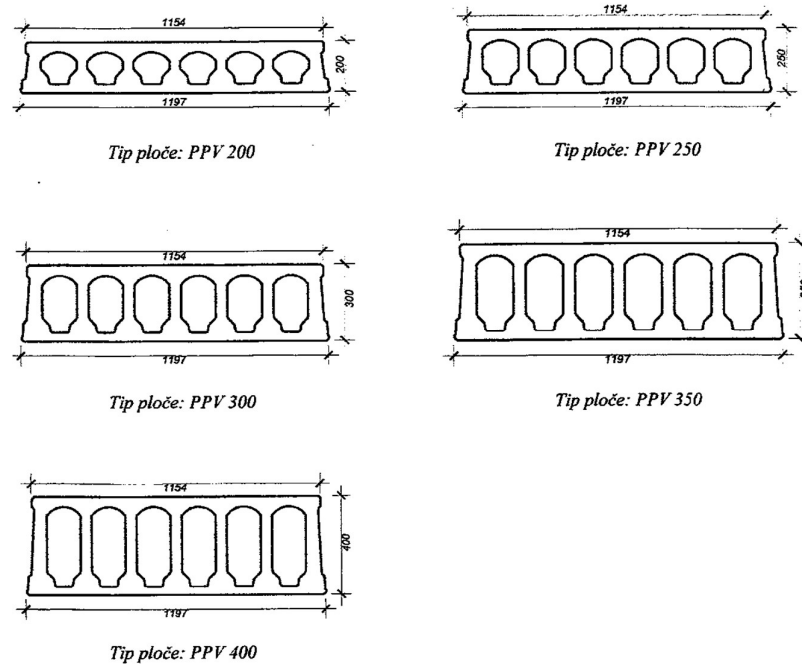
ŠIRBEGOVIĆ INŽENJERING, Branilaca grada bb, 75 320 Gračanica, BiH, T: +387 35 700 000; F: +387 35 700 979, E: info@sirbegovic.com

Slika 3.6. Prikaz ovisnosti visine o rasponu iz kataloga Šerbegović

### 3.5. Tablični prikaz prednapregnute šuplje ploče ( Vibrobeton, d.d.)

Iako je Vibrobeton zatvorio svoju proizvodnju, razvio je jako dobar program u suradnji sa stručnim i obrazovanim inženjerima na području Republike Hrvatske. Njegov

asortiman šupljih ploča obuhvaćao je šuplje ploče debljina 200, 250, 300, 350 i 400 mm te raspona od 4 – 16 m. Opterećenja su do 20 kN/m<sup>2</sup> i dva razreda požarne otpornosti REI 90 i REI120. U nastavku su prikazane tablice s vrijednostima za prednapregnutu ploču debljine 300mm.



Slika 3.7. Karakteristični presjeci prednapregnutih šupljih ploča

Ploče tipa PPV 300, PPV 350 i PPV 400

Tip ploče	PPV 300-A	PPV 300-B	PPV 300-C	PPV 300-D	PPV 300-E	PPV 300-F	PPV 300-G
	PPV 350-A	PPV 350-B	PPV 350-C	PPV 350-D	PPV 350-E	PPV 350-F	PPV 350-G
	PPV 400-A	PPV 400-B	PPV 400-C	PPV 400-D	PPV 400-E	PPV 400-F	PPV 400-G
Gornja armatura A <sub>12</sub> (mm <sup>2</sup> )	4Φ7	4Φ7	4Φ7	4Φ7	4Φ7	4Φ7	4Φ7
Donja armatura A <sub>31</sub> (mm <sup>2</sup> )	153,9	153,9	153,9	153,9	153,9	153,9	153,9
	5Φ9+2Φ12,5	2Φ9+5Φ12,5	2Φ9+7Φ12,5	4Φ9+7Φ12,5	7Φ9+7Φ12,5	12Φ12,5	14Φ12,5
	436	565	751	851	1001	1116	1302

Slika 3.8. Tablični prikaz količine čelika i užadi za šuplju ploču visine 30 cm

**Tip ploče: PPV 300**

*Geometrijski podaci*

Svojstvo	Oznaka	Jedinica	Vrijednost
Debljina ploče	d	mm	300
Širina ploče gore	$b_g$	mm	1154
Širina ploče dolje	$b_d$	mm	1197
Nazivna širina	b	mm	1200
Dodatak na širinu zbog profilacije uzdužne stranice	$\Delta b$	mm	5,2
Proračunska širina	$b_r = b_g + \Delta b$	mm	1159,2
Zbroj širina hrptova	$b_w$	mm	339
Bruto ploština	$A_g = b_r \cdot d$	mm <sup>2</sup>	347745
Ploština jedne šupljine	$A_0$	mm <sup>2</sup>	26102
Neto ploština presjeka ploče	$A_n = A_g - 6A_0$	mm <sup>2</sup>	191133
Udaljenost težišta od donjeg ruba	$y_T$	mm	149,8
Moment tromosti	I	mm <sup>4</sup>	1948.10 <sup>6</sup>
Statički moment ploštine iznad težišta presjeka	S	mm <sup>3</sup>	9.145.10 <sup>6</sup>
Moment otpora	$W = W_g = W_d$	mm <sup>3</sup>	12.99.10 <sup>6</sup>

*Gradiva*

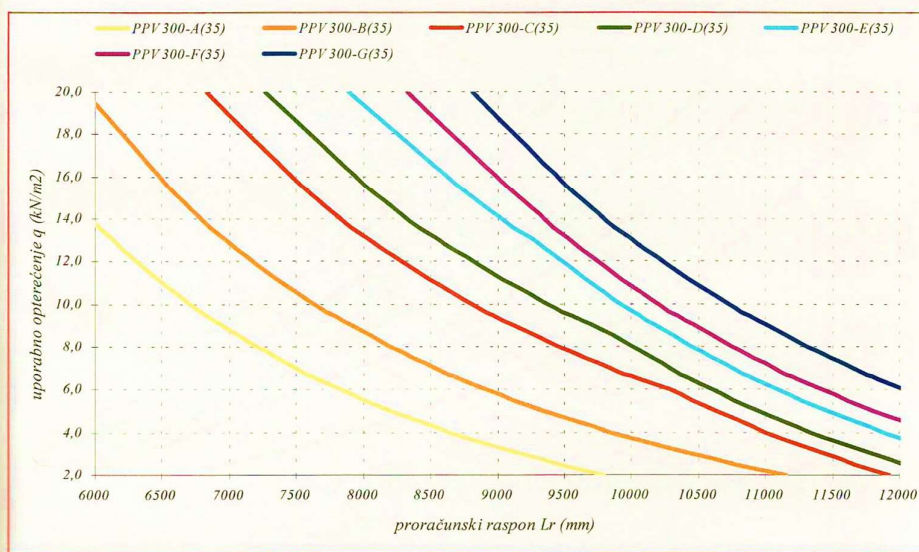
Gradivo	Oznaka	Jedinica	Vrijednost
<b>Beton ploče (mHRN ENV 1992-1-1)</b>	C50/60	N/mm <sup>2</sup>	50
Tlačna čvrstoća - karakteristična vrijednost	$f_{ek}$	N/mm <sup>2</sup>	50
Tlačna čvrstoća - proračunska vrijednost (0,85 $f_{cd}$ ; $\gamma_m = 1,4$ )	$f_{cd}$	N/mm <sup>2</sup>	30
Vlačna čvrstoća - srednja karakteristična vrijednost	$f_{ctm}$	N/mm <sup>2</sup>	4,1
Vlačna čvrstoća - donja karakteristična vrijednost	$f_{ct0,05}$	N/mm <sup>2</sup>	2,9
Vlačna čvrstoća - gornja karakteristična vrijednost	$f_{ct0,95}$	N/mm <sup>2</sup>	5,3
Vlačna čvrstoća - proračunska vrijednost ( $\gamma_m = 1,4$ )	$f_{ctd}$	N/mm <sup>2</sup>	2,1
Obujamska masa	$\gamma_c$	kg/m <sup>3</sup>	2450
Modul elastičnosti	$E_{cm}$	N/mm <sup>2</sup>	37000
Modul posmika	$G_{cm}$	N/mm <sup>2</sup>	14800
Vlastita težina	$g_0$	kg/m <sup>2</sup>	390
<b>Beton (mort) ispune sljubnica (mHRN ENV 1992-1-1)</b>	C25/30	N/mm <sup>2</sup>	25
Tlačna čvrstoća - karakteristična vrijednost	$f_{mk}$	N/mm <sup>2</sup>	25
Vlačna čvrstoća - srednja karakteristična vrijednost	$f_{ctm}$	N/mm <sup>2</sup>	2,6
Vlačna čvrstoća - donja karakteristična vrijednost	$f_{ct0,05}$	N/mm <sup>2</sup>	1,8
Vlačna čvrstoća - gornja karakteristična vrijednost	$f_{ct0,95}$	N/mm <sup>2</sup>	3,3
Posmična čvrstoća nenazubljene sljubnice	$\tau_{rdi} = \tau_u$	N/mm <sup>2</sup>	0,1
Modul elastičnosti	$E_{cm}$	N/mm <sup>2</sup>	30500
Modul posmika	$G_{cm}$	N/mm <sup>2</sup>	12200
Obujamska masa	$\gamma_m$	kg/m <sup>3</sup>	2000
Vlastita težina na jedinicu ploštine ploče	$g_1$	kg/m <sup>2</sup>	19,4
<b>Čelik za prednapinjanje (mHRN ENV 10138-2, -3)</b>			
Φ 7 - gornja armatura	$f_{pk}$	N/mm <sup>2</sup>	1670
Φ 9 - donja armatura	$f_{pk}$	N/mm <sup>2</sup>	1860
Φ 12,5 - donja armatura	$f_{pk}$	N/mm <sup>2</sup>	1860
Ploština Φ 7	$A_p$	mm <sup>2</sup>	38,5
Ploština Φ 9	$A_p$	mm <sup>2</sup>	50
Ploština Φ 12,5	$A_p$	mm <sup>2</sup>	93
Obujamska masa	$\gamma_s$	kg/m <sup>3</sup>	7850

Slika 3.9. Tablični prikaz karakteristike materijala za šuplju ploču visine 30 cm



Tablica 2.5-Dopušteni proračunski raspon ploča PPV 300-(A-G)35 u mm u funkciji uporabnog opterećenja  $L_r=L_r(q)$

$q$ ( $kN/m^2$ )	PPV 300- A35	PPV 300- B35	PPV 300- C35	PPV 300- D35	PPV 300- E35	PPV 300- F35	PPV 300- G35
2,0	9796	11152	11926	12313	12933	13348	14123
2,5	9467	10777	11669	12043	12642	13043	13793
3,0	9169	10438	11431	11792	12372	12761	13487
3,5	8898	10129	11210	11559	12121	12498	13203
4,0	8649	9846	11003	11342	11887	12253	12938
4,5	8420	9585	10809	11138	11668	12024	12691
5,0	8208	9344	10627	10947	11463	11809	12458
5,5	8012	9120	10456	10767	11270	11607	12240
6,0	7829	8912	10275	10597	11087	11416	12034
6,5	7658	8717	10050	10437	10915	11236	11839
7,0	7497	8535	9840	10284	10751	11065	11655
8,0	7205	8202	9456	10002	10448	10749	11314
9,0	6944	7905	9114	9701	10173	10462	11004
10,0	6710	7638	8806	9374	9922	10200	10722
12,5	6214	7074	8155	8681	9379	9633	10112
15,0	5814	6618	7631	8123	8810	9163	9607
20,0	5121	5922	6827	7268	7882	8323	8811



Slika 3.10. Tablični prikaz ovisnosti raspona o opterećenju za šuplju ploču visine 30 cm

## 4. Način montaže

### 4.1. Dostavljanje i montiranje prednapregnutih šupljih ploča

Nakon procesa proizvodnje u pogonu prednapregnute šuplje ploče potrebno je dopremiti na gradilište. S obzirom da šupljine olakšavaju težinu samih ploča ni prilikom transporta ne postoje problemi. Prednapregnute šuplje ploče na gradilište se dopremaju kamionom. Mogu se odmah po dolasku na gradilište postavljati na konstrukciju ili se odlažu na gradilištu. Ako se odlažu na gradilište preporuča se da budu u vodoravnom položaju na čim ravnijem terenu (slika 4.1.). Prilikom podizanja prednapregnutih šupljih ploča koristi se poseban nastavak trokutastog oblika jer su ploče osjetljive. Prilikom transporta i montaže moguća su oštećenja ploča. U zoni najtanje debljine betona (30 mm) mogu se dogoditi pukotine uzduž šupljine. Nerijetko se može dogoditi da se cijela ploča slomi prilikom trzaja dizalice. Stoga je potrebo osigurati uvježbani tim koji zna kako reagirati u takvim situacijama.



*Slika 4.1. Prikazuje pravilno odlaganje ploča na gradilištu*



*Slika 4.2. Izgled trokutastog nastavka za podizanje prednapregnutih šupljih ploča*



*Slika 4.3. Podizanje prednapregnutih ploča*



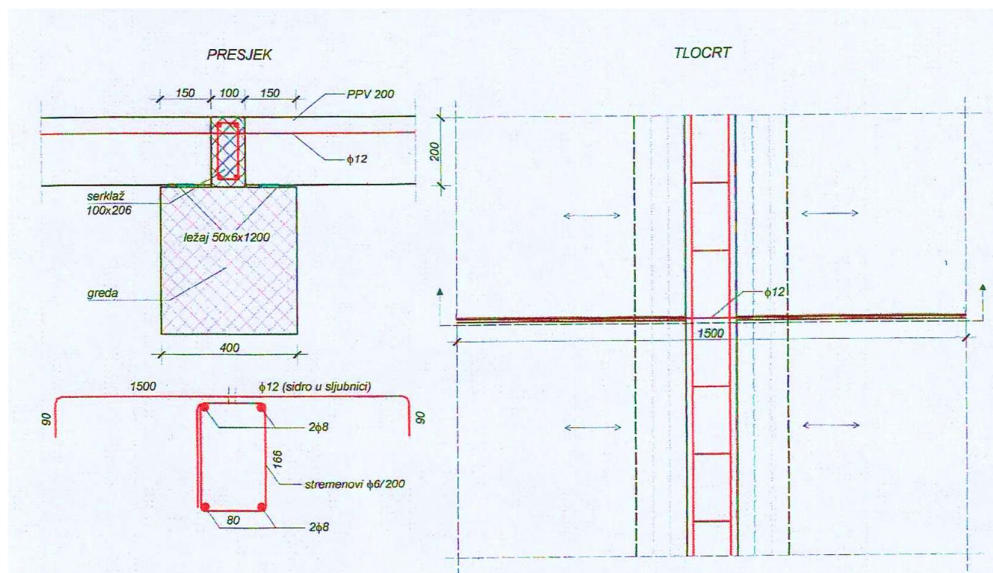
*Slika 4.4. Spuštanje prednapregnutih ploča na oslonce*

## 4.2. Prikaz nekoliko detalja oslanjanja prednapregnute šuplje ploče na oslonce

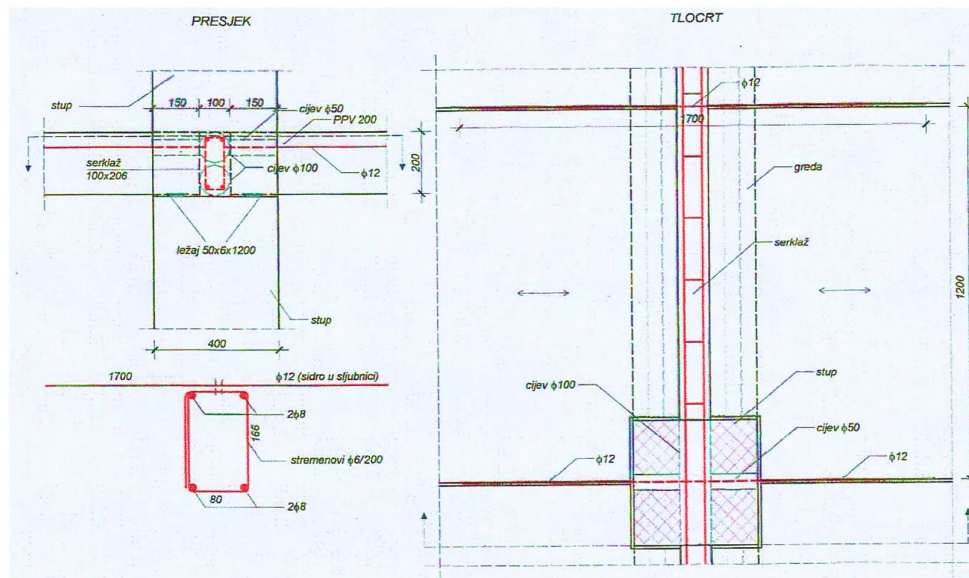
Elementi prednapregnute šuplje ploče polažu se izravno na ležajeve koji moraju imati zadovoljavajuću nosivost. Na ležajevima potrebno je iscrtati položaj ploča osobito onih užih. Kod montiranja započinje se s pločama oko otvora a zatim i sve ostale.

Nakon postavljanja ploča slijedi zalijevanje betonom sljubnice. Beton koji se najčešće koristi je C 25/30 te veličina agregata 4 – 8 mm ovisno o proizvođaču. Sloj betona je potrebno armirati ( lagana armaturna mreža) da bi se postigla što bolje prijanjanje prednapregnutih ploča te time postigla krutost ploče i da bi se spriječilo pucanje spomenutog sloja betona.

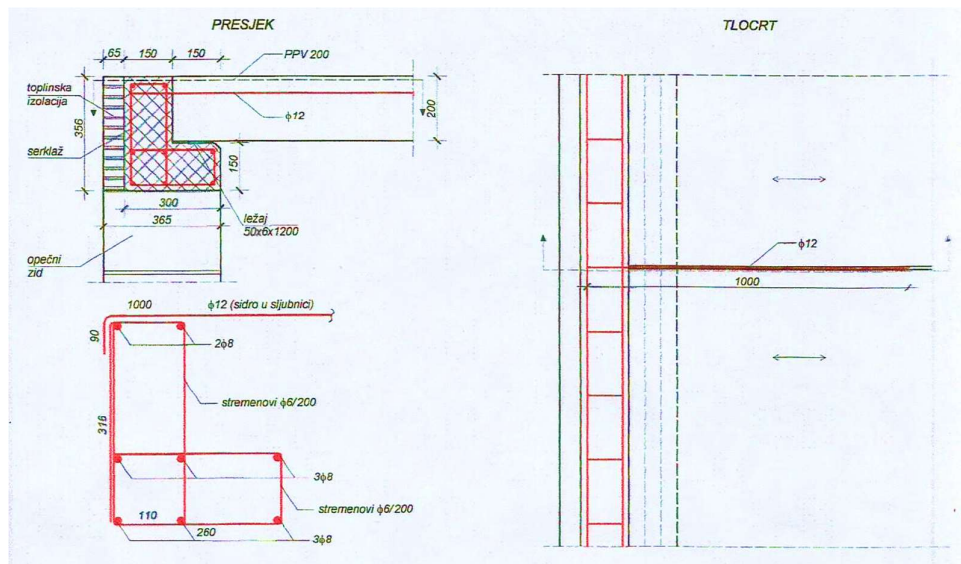
Kod spoja šupljih ploča na gredu potrebno je osigurati prijenos vertikalnog opterećenja na gredu što se postiže sidrenjem armature iz grede u ploču. Koristi se beton tlačne čvrstoće min. C 25/30 a otvori na šupljim pločama moraju biti dovoljno široki (ne više od 50 cm) za ugradnju betona vibriranjem. Prednapregnute šuplje ploče se oslanjaju direktno na grede, a minimalna duljina oslanjanja iznosi 60 mm.



Slika 4.5. Detalj oslanjanja ploče na gredu



Slika 4.6. Detalj oslanjanja ploče na gredu uz stup



Slika 4.7. Detalj oslanjanja ploče na vanjski zid

### 4.3. Sljubnice

Ponašanje stropnog diska od prednapregnutih šupljih ploča se razlikuje uvelike od monolitne izvedbe armiranobetonских ploča. Stropni disk čine šuplje ploče velike krutosti u horizontalnoj ravnini i sljubnice (spojevi među pločama) relativno male krutosti i čvrstoće. Na spoju između dva elementa prednapregnute šuplje ploče dolazi do male pukotine zbog skupljanja betona. Te pukotine utječu na posmičnu ploštinu spojnice. Širina pukotine ovisi o

starosti prednapregnutih šupljih ploča, razmak između ploča te o skupljanju betona kojim se zaljeva sljubnica.

Eksperimentalno je pokazano kako širina pukotina u sljubnicama ovisi o starosti betona kod prednapregnutih šupljih ploča. Uzeta je širina sljubnice 50 mm, širina ploče je 1200 mm a vrijednost skupljanja morta iznosi  $\epsilon = 6 \times 10^{-4}$  mm/mm. U prvih 7 dana vrijednost skupljanja ploča je 50 %, a širina pukotine iznosila je 0.23 mm. Nakon 28 dana ploča se skupila 70 %, a širina pukotine je iznosila 0.15 mm, dok je ploča nakon 90 dana postigla skupljanje 80 % a pukotina je bila širine 0.11 mm. Na temelju ovog eksperimenta prikazano je da veća starost ploča ima manje pukotine prilikom zalijevanja sljubnica betonom.

Prednapregnute šuplje ploče proizvode se hrapavima s namjerom boljeg prijanjanja betona i morta za sljubnice. Sljubnice se ne armiraju a tlačna čvrstoća betona za zalijevanje ne iznosi manje od C20/25 N/mm<sup>2</sup>. Ploče je potrebno montirati tako da nije moguće razmicanje među njima radi sprječavanja vlačnog sloma okomito na sljubnice u mortu sljubnica.

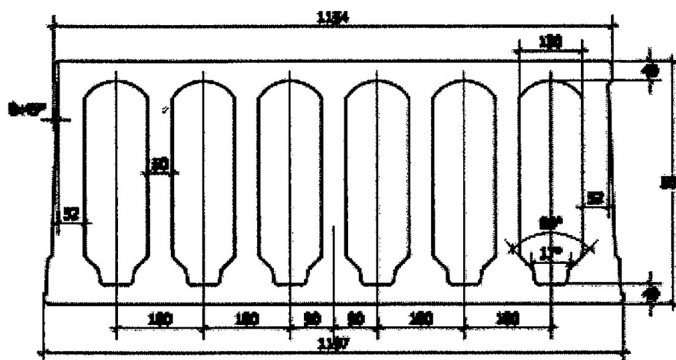
Kod oblikovanja sljubnica najmanja širina se određuje s obzirom na svježi beton (za betoniranje sljubnica), postupak zalijevanja, veličini najvećeg zrna agregata te o mogućnosti sidrenja i postavljanja šipka za serklaž. Za sidrenje šipka u sljubnice potrebna je veća širina istih kako bi bila moguća prionjivost između betona i armature.

## 5. Primjer statičkog proračuna

Adhezijsko prednapinjanje ploče označava da su sile u čelik unesene prije betoniranja. Proračun je izrađen na temelju jednolične raspodjele opterećenja ( od vlastite težine i težine betona u uzdužnim sljubnicama, stalnog i pokretnog opterećenja). Ploče se proračunavaju kao slobodno oslonjene ili kao ploče sa spriječenim deformacijama (upete) ovisno od građevine do građevine.

### Šuplje međukatne ploče – MK

Montažno (adheziono) prednapregnute šuplje ploče raspona oko 15.50 m. usvojene su ploče debljine 50 cm.



## ANALIZA OPTEREĆENJA

stalno opterećenje:

vlastita težina (sa spojnicama) .....  $g_{st} \approx 6.21 \text{ kN/m}^2$

izravnajući sloj betona 0.1m .....  $g_{bet} = 0.10 \times 25 = 2.50 \text{ kN/m}^2$

spušteni strop + instalacije .....  $g_{inst} = 0.50 \text{ kN/m}^2$

$$g = 3.0 \text{ kN/m}^2$$

korisno opterećenje

korisno u koje su uračunati i laki pregradni zidovi ...  $p = 5.0 \text{ kN/m}^2$

## STATIČKI UTJECAJI

Moment savijanja od vlastite težine, odnosno od ukupnog opterećenja sa spojnicama:

$$M_{gst} = M_{min} = 6.21 \times 15.5^2 / 8 = 186.5 \text{ kNm/m}$$

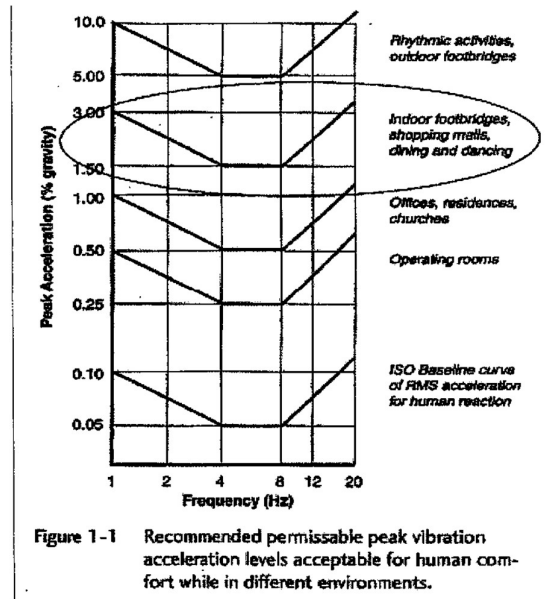
$$M_q = M_{max} = (9.21 + 5.0) \times 15.5^2 / 8 = 426.7 \text{ kNm/m}$$

Proizvođač montažnih šupljih ploča treba predložiti tip ploče u skladu s navedenim statičkim utjecajima. Projektant konstrukcije treba usvojiti predloženo rješenje. Ispod je priložena ploča iz kataloga jednog proizvođača ove ploče, gdje je priložena tablica sa tipom prednaprezanja u ovisnosti od opterećenja i svijetlog raspona.

Montažne prednapregnute šuplje ploče moraju ispunjavati sljedeće uvijete:

- pukotine: max 0,2 mm
- progib: L/400
- glatkoća ravne plohe: max 10 mm na 2m
- nadvišenje u sredini raspona u fazi montaže: max 30mm

- vibracije: prema dijagramu (slika 5.1.), nisu dozvoljene vlastite oscilacije ispod 5 Hz



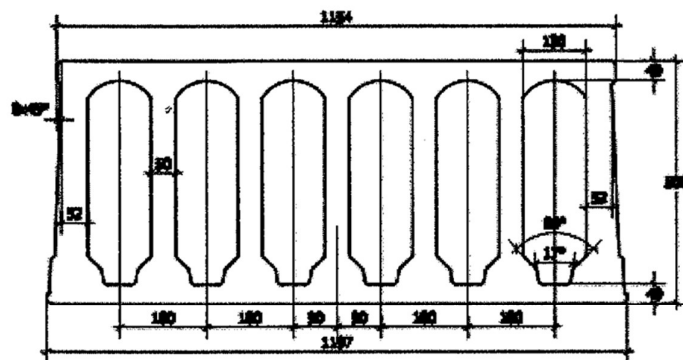
Slika 5.1. Dijagram ovisnosti frekvencije prema akceleraciji

Opterećenja za POS MN

$$R_g = 9,21 \times 15,5/2 = 71,38 \text{ kN/m}$$

$$R_p = 5,0 \times 15,5/2 = 38,75 \text{ kN/m}$$





OPP 50X120 - 6 komora							
Tip prednaprezanja	GF5B	LF5B	PF5B	RF5B	UF5B	WF5B	ZF5B
Gornja zona	4ø7	4ø7	4ø7	4ø7	4ø7	4ø7	4ø7
Donja zona	5ø9.3 +2ø12.5	2ø9.3 +5ø12.5	2ø9.3 +7ø12.5	4ø9.3 +7ø12.5	7ø9.3 +7ø12.5	12ø12.5	14ø12.5
Masa kablova (kg/m <sup>2</sup> )	3.93	4.73	5.95	6.63	7.65	8.31	9.52
Mrd moment nosivosti (kNm/m)	257.1	325.3	428.4	485.9	571.4	624.5	722.7

Stalno opterećenje (kN/m <sup>2</sup> )	Pokretno opterećenje (kN/m <sup>2</sup> )	SVETLI RASPON PREMA EUROKODU							
		12.55	14.26	16.04	16.52	17.20	17.60	18.32	
1.00	1.00	12.55	14.26	16.04	16.52	17.20	17.60	18.32	
1.50	1.00	12.16	13.83	15.57	16.03	16.68	17.06	17.75	
1.50	1.50	11.91	13.54	15.39	15.85	16.49	16.86	17.54	
1.50	2.00	11.68	13.28	15.22	15.67	16.30	16.67	17.33	
1.50	2.50	11.46	13.03	15.06	15.50	16.12	16.48	17.14	
1.50	3.00	11.25	12.79	14.91	15.34	15.95	16.31	16.95	
1.50	3.50	11.05	12.57	14.67	15.18	15.78	16.14	16.77	
1.50	4.00	10.87	12.35	14.33	15.03	15.62	15.97	16.60	
1.50	4.50	10.69	12.15	14.01	14.88	15.47	15.81	16.42	
1.50	5.00	10.52	11.93	13.71	14.61	15.32	15.65	16.26	
1.50	5.50	10.35	11.68	13.43	14.31	15.17	15.50	16.10	
1.50	6.00	10.17	11.45	13.16	14.03	15.03	15.36	15.95	
1.50	6.50	9.97	11.23	12.91	13.76	14.90	15.22	15.80	
1.50	7.00	9.79	11.03	12.68	13.51	14.66	15.08	15.66	
1.50	8.00	9.45	10.65	12.24	13.04	14.15	14.80	15.39	
1.50	9.00	9.15	10.30	11.84	12.62	13.70	14.33	15.13	
1.50	10.00	8.87	9.99	11.49	12.24	13.28	13.89	14.82	
1.50	12.50	8.27	9.32	10.71	11.42	12.39	12.96	13.87	
1.50	15.00	7.78	8.76	10.08	10.74	11.66	12.19	13.07	
1.50	20.00	7.00	7.90	9.08	9.68	10.51	10.99	11.82	

Prema dobivenom proračunu vidimo da ploča raspona 15.80 m i visine 50 cm zadovoljava proračun.

## 6. Prikaz 2 primjera primjene velikim građevina

### 6.1. ARENA CENTAR – Zagreb

Arena centar – Zagreb je trgovački centar smješten na zapadnom djelu grada Zagreba. Gradnja ovog centra započela je 2009. godine. Izvođači radova su bile građevinske tvrtke Mucić & Co. d.o.o., Međimurje graditeljstvo d.o.o. i Tromont d.o.o. Stručni nadzor vršio je tim stručnjaka iz Instituta IGH, d.d. a koordinirao TriGranitov stručni tim. Arena centar se prostire na 175000 m<sup>2</sup>. Korištene su dvije tehnologije stropnih ploča. Na polovica dilatacije koristila se tehnologija monolitnih naknadno prednapregnutih stropnih ploča. Taj dio izvodio je Međimurje graditeljstvo d.o.o. Na drugoj polovici dilatacije koristila se tehnologija montažnih greda i prednapregnutih šupljih ploča. Tu tehnologiju izgradnje primjenjivao je Mucić & Co. d.o.o.



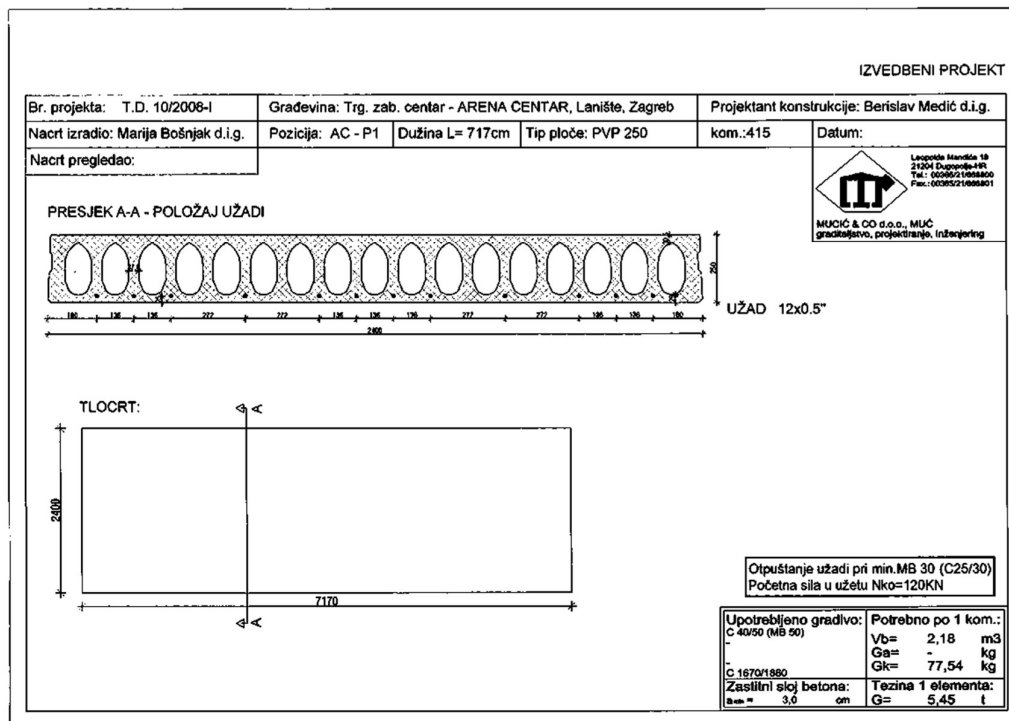
*Slika 6.1. Panoramski pogled na Arena Centar - Zagreb*



*Slika 6.2. Panoramski pogled na gradilište ARENA CENTAR*

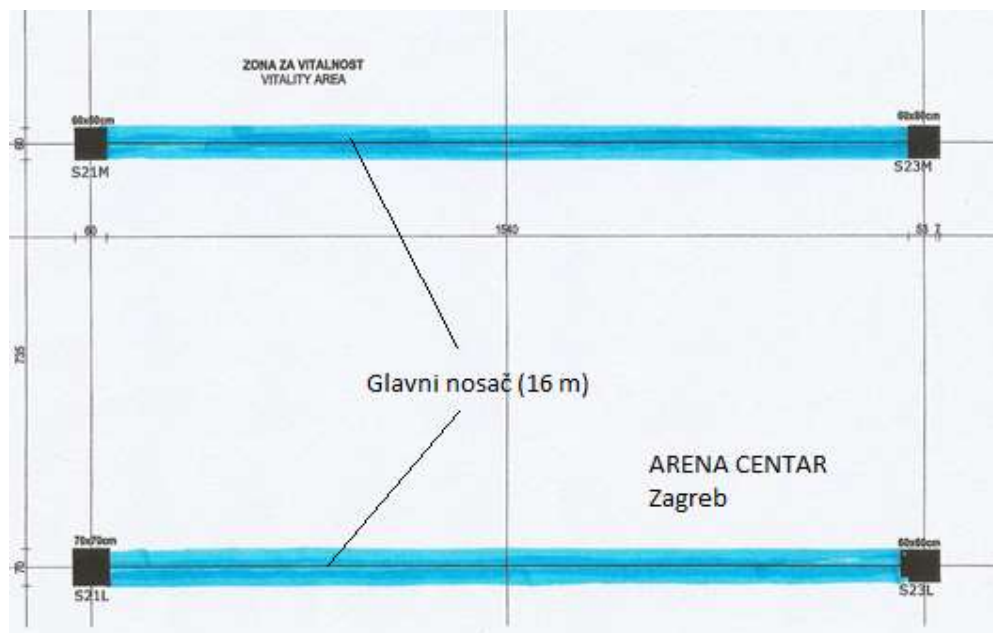
Montažni elementi prednapregnute šuplje ploče i grede dopremale su se na gradilište iz Dugopolja ( Mucić & Co. d.o.o.) u Zagreb. Ploče su se dopremale noću na gradilište kako bi se mogle kroz dan ugraditi. S obzirom da su korištene dvije tehnologije građenja monolitna i montažna uspješno su završene u istom vremenskom roku.

Ploče su se postavljale na rasponu od 8m te širine 2.4 m. Visina prednapregnute šuplje ploče je 25 cm. U ploči je smješteno 17 šupljina na razmaku od 37.6 mm. Uže za prednapinjanje stavljeno je u donjoj zoni (vlačnoj) a početna sila u užetu je iznosila 120 kN. Otpuštanje užeta započeto je nakon što je beton postigao tlačnu čvrstoću od C 25/30 a beton koji se ugrađivao iznosio je C 40/50 pri punoj tlačnoj čvrstoći. Zaštitni sloj betona dobiven je proračunom a iznosio je min 3 cm. Ukupna težina jednog elementa ovakve prednapregnute šuplje ploče iznosi 5.45 t.

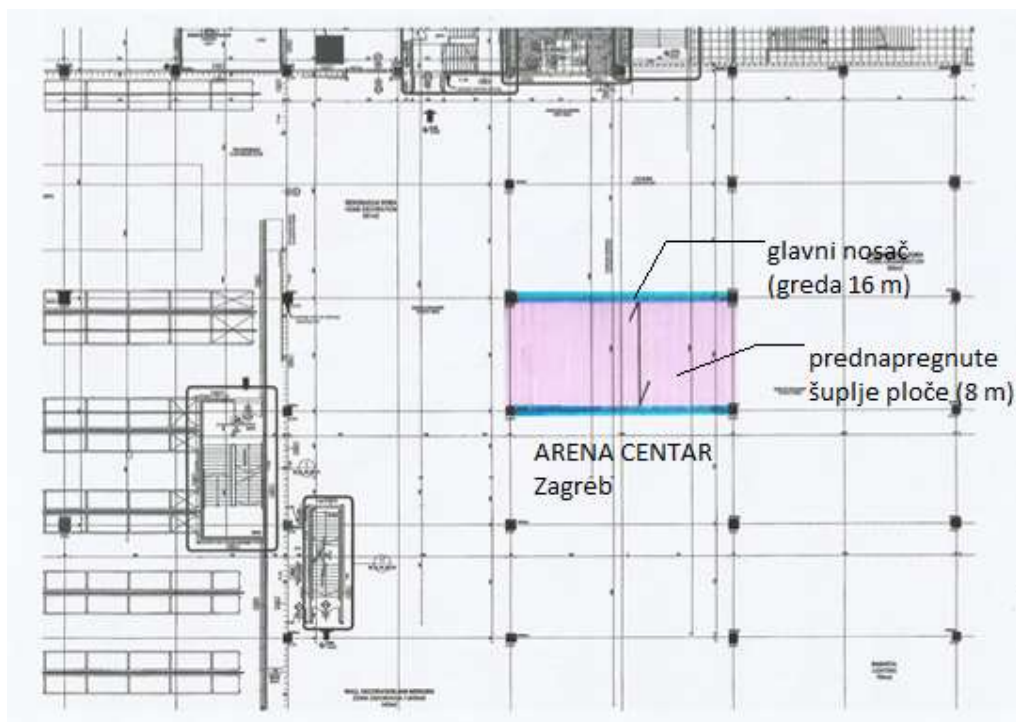


*Slika 6.3. Nacrt prednapregnute šuplje ploče; dio izvedbenog projekta za trgovači centar ARENA CENTAR, Zagreb*

Prednapregnute grede (oslonac za prednapregnute šuplje ploče) postavljene su na većem rasponu od 16 m te se oslanjaju na stupove. (slika 6.4.)



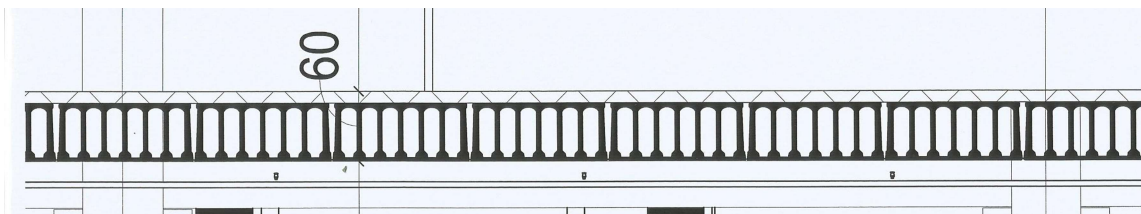
*Slika 6.4. Tlocrt oslanjanja prednapregnute grede na ARENA CENTRU*



*Slika 6.5. Tlocrt oslanjanja prednapregnute šupljih ploča na gredu ARENA CENTRU*

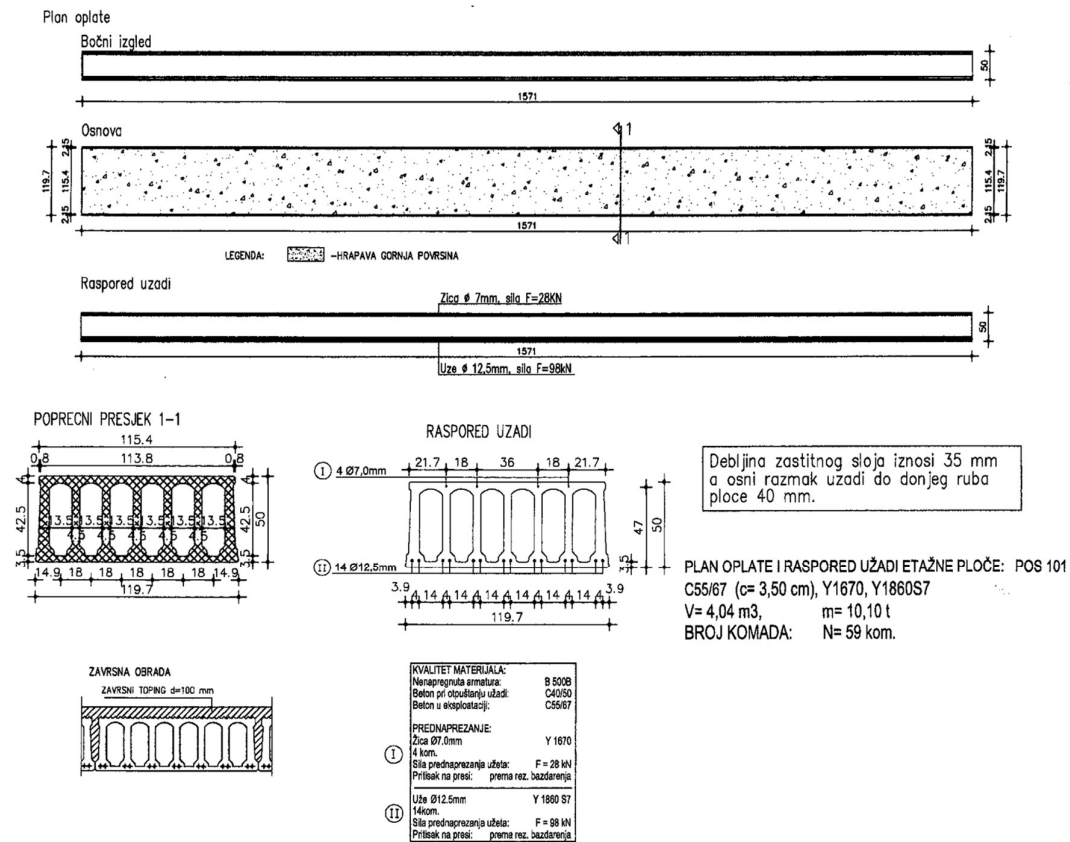
## **6.2. Robna kuća IKEA – Beograd**

Robna kuća IKEA u Srbiji smještena je na istočnom djelu Beograda. Izvedena je na tri etaže. Izvođač ove građevine je tvrtka Širbegović Inženjering. Površina ovog objekta je cca 35000 m<sup>2</sup> a na cijeloj površini građevine primijenjen je koncept AB montažnih elemenata. Stropna konstrukcija izvedena je od prednapregnutih greda raspona 8 m oslonjenih na stupove te prednapregnutih šupljih ploča raspona 16 m. Visina prednapregnute šuplje ploče iznosi 50 cm a na nju je dodano 10 cm izravnavajućeg sloja betona koji je armiran prema proračunu. (slika 6.6.)



*Slika 6.6. Detalj presjeka kroz stropnu konstrukciju*

Ploče su postavljane na rasponu od 15.71 m te širine 119.7 cm. Zbog izrazito velikog raspona visina ploče je 50 cm. Uže za prednapinjanje korišteno je vlačne čvrstoće Y 1860 S7. Razred tlačne čvrstoće betona iznosi C 55/57 dok je uže otpuštanu kad je beton postigao tlačnu čvrstoću C 40/50. Prednapregnuta šuplja ploča ima 6 šupljina širine 13.5 cm. Zaštitni sloj betona iznosi 35 mm. Ukupna masa jedne takve ploče iznosi 10.10 t. Prema projektu završni izravnavajući sloj iznosi 10 cm. (slika 6.7.)



Slika 6.7. Nacrt karakteristične ploče iz izvedbenog projekta za IKEA - Beograd



*Slika 6.8. 3D prikaz IKEA - Beograd*

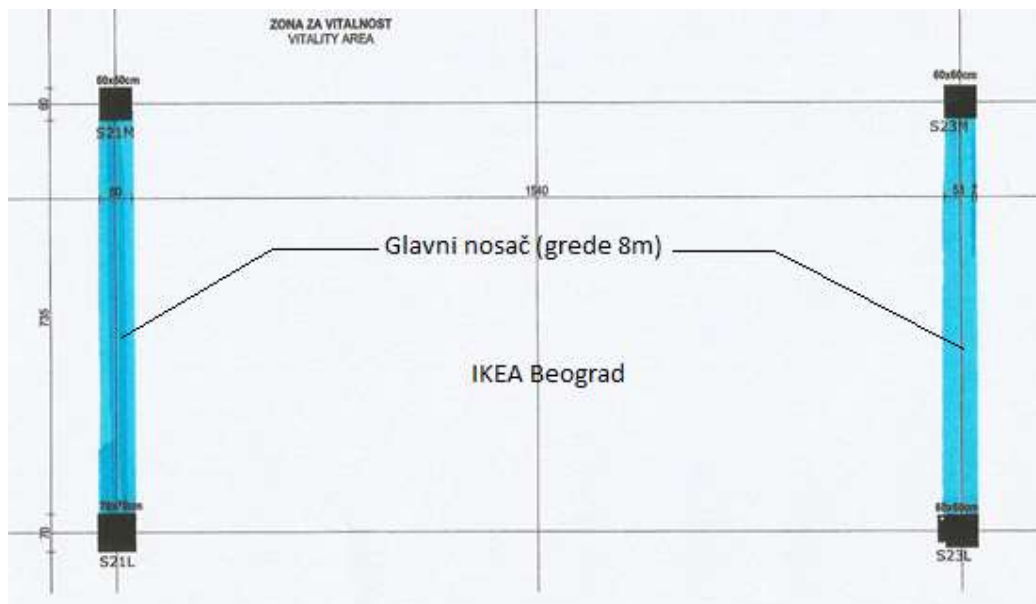


*Slika 6.9. Panoramski pogled na gradilište IKEA*

Na slici 6.8. prikazan je pogled na gradilište IKEA – Beograd gdje se jasno vidi kostur građevine. Sastoji se od šupljih ploča koje se oslanjaju na grede a grede opterećenje prenose na stupove. Transport ploča iz pogona na gradilište bio je kamionom i vlakom.

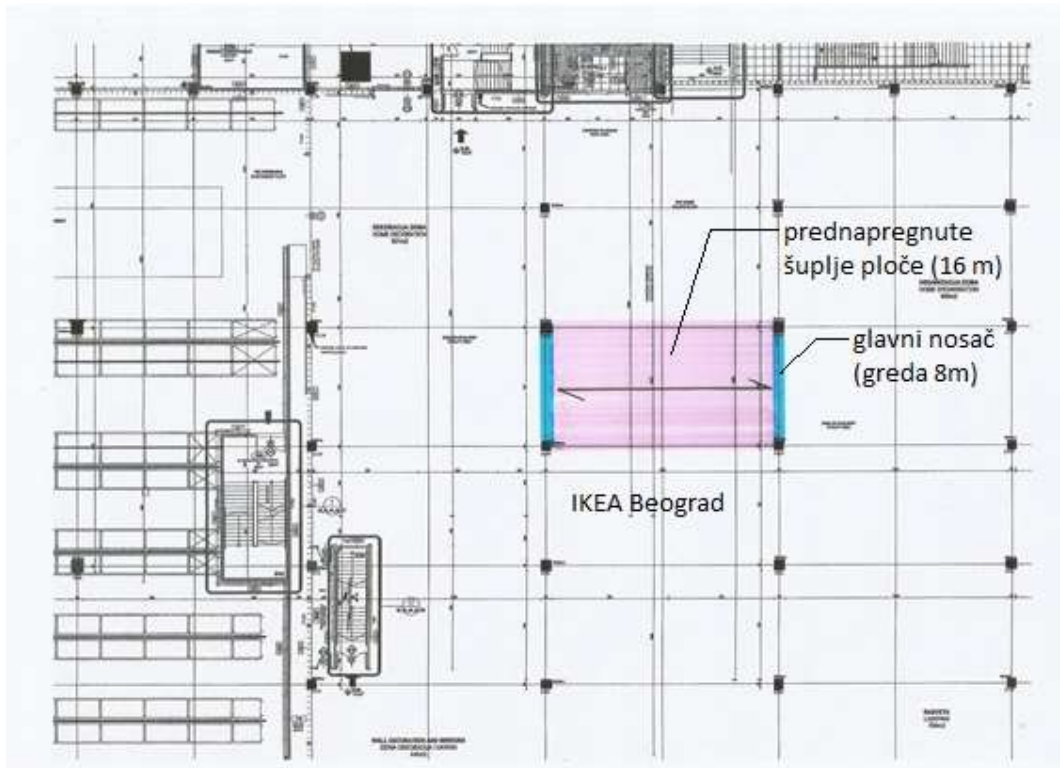


*Slika 6.10. Prikaz utovara ploča na vlak*



*Slika 6.11. Tlocrt oslanjanja prednapregnute grede na stupove - IKEA*

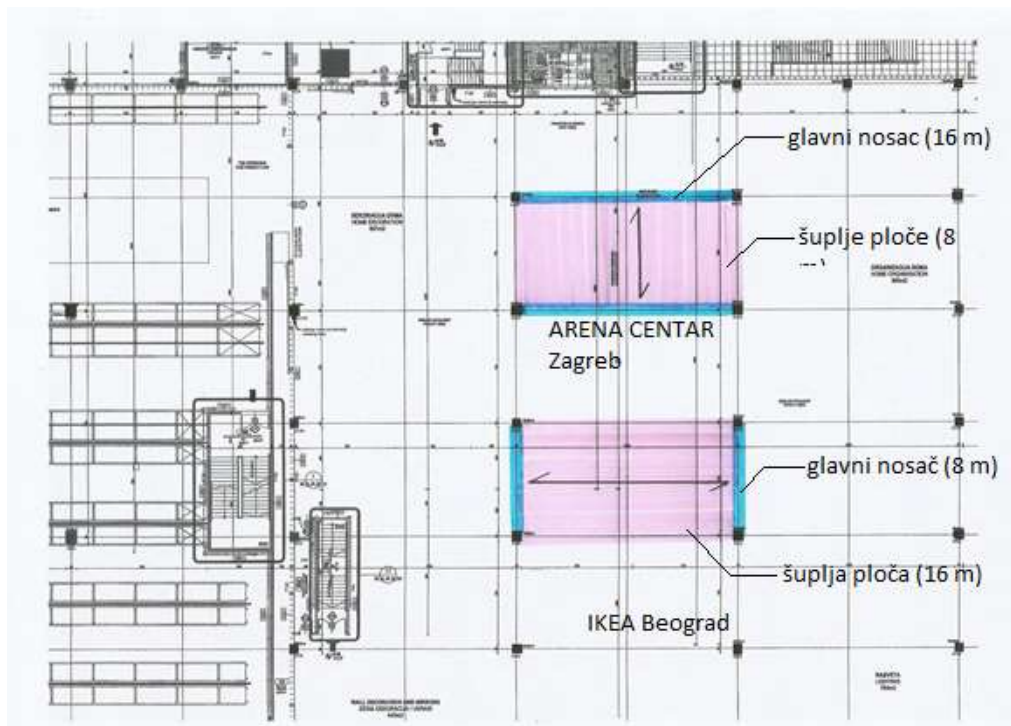




*Slika 6.12. Tlocrt oslanjanja prednapregnute šuplje ploče na gredu*

### **6.3. Usporedba ARENA CENTAR i IKEA**

Oba trgovačka centra riješena su konceptom AB montažnom konstrukcijom ( prednapregnute šuplje ploče, prednapregnute grede i stupovi). Iako je Arena centar površinom veća to nije spriječilo projektante da osmisle ovakav tip konstrukcije. Razlikujemo način oslanjanja (slika6.9.). Kod ARENA CENTAR prednaoregnute šuplje ploče oslanjale su se na kraćem rasponu od 8 m što je znatno smanjilo visinu svega 25 cm prema IKEA centru gdje su se ploče postavljale na rasponu od 16 m ali s visinom od 50 cm.



*Slika 6.13. Tlocrt u kojem su uspoređene dvije koncepcije oslanjanja šupljih prednapregnutih ploča*

## 7. Zaključak

Kad se govori o velikim površinama stropnih ploča sa ortogonalnim rasporedom stupova u slučaju promjenjivih raspona, kosih ili zakrivljenih linija osi stupova kao i većih konzola u toj situaciji prednost ide monolitnom načinu gradnje. Na strani montažnih elemenata je mogućnost izvođenja u svim vremenskim uvjetima

Veća visina prednapregnutih šupljih ploča potrebna je u odnosu na monolitne zbog hijerarhijskog prijenosa sekundarnog na glavne elemente što znači da su reakcije prostih sekundarnih elemenata prostih greda opterećena na glavne elemente (veći momenti savijanja i progibi prostih greda).

Proizvodne hale, skladišta i centri s manje etaža imaju veću konkurentnost prema montažnom načinu građenja dok je monolitni način građenja za građevine koje imaju veći broj etaža (iz tehnoloških razloga i seizmičke otpornosti)

Kod odabira tehnologije montažne prema monolitnoj ovise o izvođačkoj firmi. Izvođači koji nemaju proizvodne pogone teže konkuriraju proizvođačima koji posjeduju takve pogone.

Odabir prednapregnutih šupljih ploča znatno ovisi o udaljenosti pogona od samog gradilišta. Ploče manjih raspona (npr. 8 m) lakše se transportiraju do udaljenijeg gradilišta od ploča većih raspona. Time nije samo umanjen raspon ovih ploča već i njegova visina ali i visina oslonca iako je uvećana potreba za brojem oslonca.

U Varaždinu, 30. listopada 2017.

---

## 8. Literatura

- [1] D. Ančić, I. Nentiger: Priručnik za projektiranje prednapetih šupljih ploča, Osijek, 2004.
- [2] <https://www.sirbegovic.com/>, dostupno 05.09.2017.
- [3] D. Meštrović, Montažne armiranobetonske konstrukcije, predavanje, Zagreb, 2016.
- [4] I. Gukov, Prednapeti beton, predavanje, Zagreb, 2007.
- [5] <http://www.putinzenjering.com/>, dostupno 05.09.2017.
- [6] <http://mucic.hr/>, dostupno 12.09.2017.
- [7] <http://www.prominvest.ba>, dostupno 15.09.2017.

## Popis slika

Slika 1.1. Izgled elementa prednapregnute šuplje ploče, <a href="http://www.putinzenjering.com/">http://www.putinzenjering.com/</a> dostupno 05.09.2017. ....	5
Slika 1.2. Prikazuje sljubnice zalijane betonom, <a href="http://www.itbng.com">http://www.itbng.com</a> , dostupno 05.09.2017.....	6
Slika 2.1. Vrste šupljih ploča, D. Meštrović, Montažne armiranobetonske konstrukcije, predavanje, Zagreb, 2016.....	7
Slika 2.2. Prikaz provođenja instalacija kroz šupljine, <a href="http://www.putinzenjering.com/">http://www.putinzenjering.com/</a> , dostupno 05.09.2017. ....	8
Slika 3.2. Prednapeto uže za šuplje ploče, <a href="http://portland.co.za/hollowcore-gallery/">http://portland.co.za/hollowcore-gallery/</a> , dostupno 05.09.2017. ....	9
Slika 3.3. Razlika između „hand cast i „machine cast“ ploča, D. Meštrović, Montažne armiranobetonske konstrukcije, predavanje, Zagreb, 2016. ....	10
Slika 3.4. Prikaz strojno istiskivanje betonske mješavine, <a href="http://www.mabeton.com/products3.htm">http://www.mabeton.com/products3.htm</a> , dostupno 05.09.2017. ....	10
Slika 3.5. Gotove prednapregnute šuplje ploče, <a href="http://www.putinzenjering.com/">http://www.putinzenjering.com/</a> , dostupno 05.09.2017 .....	10
Slika 3.6. Prikaz ovisnosti visine o rasponu iz kataloga Šerbegović, <a href="https://www.sirbegovic.com/">https://www.sirbegovic.com/</a> , dostupno 05.09.2017 .....	11
Slika 3.7. Karakteristični presjeci prednaprnutih šupljih ploča, D. Ančić, I. Nentiger: Priručnik za projektiranje prednapetih šupljih ploča, Osijek, 2004 .....	12
Slika 3.8. Tablični prikaz količine čelika i užadi za šuplju ploču visine 30 cm, D. Ančić, I. Nentiger: Priručnik za projektiranje prednapetih šupljih ploča, Osijek, 2004.....	12
Slika 3.9. Tablični prikaz karakteristike materijala za šuplju ploču visine 30 cm, D. Ančić, I. Nentiger: Priručnik za projektiranje prednapetih šupljih ploča, Osijek, 2004 .....	13
Slika 3.10. Tablični prikaz ovisnosti raspona o opterećenju za šuplju ploču visine 30 cm, D. Ančić, I. Nentiger: Priručnik za projektiranje prednapetih šupljih ploča, Osijek, 2004.....	14
Slika 4.1. Prikazuje pravilno odlaganje ploča na gradilištu .....	15
Slika 4.2. Izgled trokutastog nastavka za podizanje prednaprnutih šupljih ploča, <a href="http://www.putinzenjering.com/">http://www.putinzenjering.com/</a> , dostupno 05.09.2017 .....	15
Slika 4.3. Podizanje prednaprnutih ploča, <a href="http://www.putinzenjering.com/">http://www.putinzenjering.com/</a> , dostupno 05.09.2017 .....	16

Slika 4.4. Spuštanje prednapregnutih ploča na oslonce, <a href="http://www.putinzenjering.com/">http://www.putinzenjering.com/</a> , dostupno 05.09.2017 .....	16
Slika 4.5. Detalj oslanjanja ploče na vanjski zid, D. Ančić, I. Nentiger: Priručnik za projektiranje prednapetih šupljih ploča, Osijek, 2004.....	18
Slika 5.1. Dijagram ovisnosti frekvencije prema akceleraciji, .....	21
Slika 6.1. Panoramski pogled na Arena Centar - Zagreb.....	23
Slika 6.2. Panoramski pogled na gradilište ARENA CENTAR.....	24
Slika 6.3. Nacrt prednapregnute šuplje ploče; dio izvedbenog projekta za trgovači centar ARENA CENTAR, Zagreb, dio izvedbenog projekta ARENA CENTAR, Marija Bošnjak d.i.g. ....	25
Slika 6.4. Tlocrt oslanjanja prednapregnute grede na ARENA CENTRU .....	25
Slika 6.5. Tlocrt oslanjanja prednapregnute šupljih ploča na gredu ARENA CENTRU ...	26
Slika 6.6. Detalj presjeka kroz stropnu konstrukciju, dio izvedbenog projekta IKEA.....	26
Slika 6.7. Nacrt karakteristične ploče iz izvedbenog projekta za IKEA – Beograd, dio izvedbenog projekta, Muhidin Alibegović, dostupno 28.09.2017. ....	27
Slika 6.8. 3D prikaz IKEA – Beograd, <a href="http://www.masinoprojekt.co.rs/2015/02/soping-mol-ikea-u-beogradu/">http://www.masinoprojekt.co.rs/2015/02/soping-mol-ikea-u-beogradu/</a> dostupno 18.09.2017. ....	28
Slika 6.9. Panoramski pogled na gradilište IKEA, Muhidin Alibegović, dostupno 28.09.2017.....	28
Slika 6.10. Prikaz utovara ploča na vlak, Muhidin Alibegović, dostupno 28.09.2017 .....	29
Slika 6.11. Tlocrt oslanjanja prednapregnute grede na stupove - IKEA.....	29
Slika 6.12. Tlocrt oslanjanja prednapregnute šuplje ploče na gredu .....	30
Slika 6.13. Tlocrt u kojem su uspoređene dvije koncepcije oslanjanja šupljih prednapregnutih ploča .....	31



## IZJAVA O AUTORSTVU

## I

## SUGLASNOST ZA JAVNU OBJAVU

Završni/diplomski rad isključivo je autorsko djelo studenta koji je isti izradio te student odgovara za istinitost, izvornost i ispravnost teksta rada. U radu se ne smiju koristiti dijelovi tuđih radova (knjiga, članaka, doktorskih disertacija, magistarskih radova, izvora s interneta, i drugih izvora) bez navođenja izvora i autora navedenih radova. Svi dijelovi tuđih radova moraju biti pravilno navedeni i citirani. Dijelovi tuđih radova koji nisu pravilno citirani, smatraju se plagijatom, odnosno nezakonitim prisvajanjem tuđeg znanstvenog ili stručnoga rada. Sukladno navedenom studenti su dužni potpisati izjavu o autorstvu rada.

Ja, Aleksandra Zagorec (ime i prezime) pod punom moralnom, materijalnom i kaznenom odgovornošću, izjavljujem da sam isključivi autor/ica završnog diplomskog (obrisati nepotrebno) rada pod naslovom Prednapregnute šuplje ploče (upisati naslov) te da u navedenom radu nisu na nedozvoljeni način (bez pravilnog citiranja) korišteni dijelovi tuđih radova.

Student/ica:  
(upisati ime i prezime)

Aleksandra Zagorec  
(vlastoručni potpis)

Sukladno Zakonu o znanstvenoj djelatnosti i visokom obrazovanju završne/diplomske radove sveučilišta su dužna trajno objaviti na javnoj internetskoj bazi sveučilišne knjižnice u sastavu sveučilišta te kopirati u javnu internetsku bazu završnih/diplomskih radova Nacionalne i sveučilišne knjižnice. Završni radovi istovrsnih umjetničkih studija koji se realiziraju kroz umjetnička ostvarenja objavljuju se na odgovarajući način.

Ja, Aleksandra Zagorec (ime i prezime) neopozivo izjavljujem da sam suglasar/na s javnom objavom završnog diplomskog (obrisati nepotrebno) rada pod naslovom Prednapregnute šuplje ploče (upisati naslov) čiji sam autor/ica.

Student/ica:  
(upisati ime i prezime)

Aleksandra Zagorec  
(vlastoručni potpis)