

tehnologije građenja zgrada trgovačkih centara

Kuhta, Antonio

Master's thesis / Diplomski rad

2024

Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj: **University of Zagreb, Faculty of Civil Engineering / Sveučilište u Zagrebu, Građevinski fakultet**

Permanent link / Trajna poveznica: <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:237:144781>

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

Download date / Datum preuzimanja: **2025-01-07**

Repository / Repozitorij:

[Repository of the Faculty of Civil Engineering,
University of Zagreb](#)





Sveučilište u Zagrebu

GRAĐEVINSKI FAKULTET

Antonio Kuhta

**TEHNOLOGIJE GRAĐENJA ZGRADA
TRGOVAČKIH CENTARA**

DIPLOMSKI RAD

Zagreb, 2024.



Sveučilište u Zagrebu

GRAĐEVINSKI FAKULTET

Antonio Kuhta

**TEHNOLOGIJE GRAĐENJA ZGRADA
TRGOVAČKIH CENTARA**

DIPLOMSKI RAD

Mentor: izv. prof. dr. sc. Zvonko Sigmund

Zagreb, 2024.



University of Zagreb

FACULTY OF CIVIL ENGINEERING

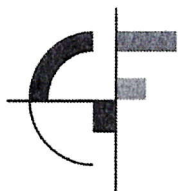
Antonio Kuhta

**CONSTRUCTION TECHNOLOGIES OF TRADE
CENTER BUILDINGS**

MASTER THESIS

Supervisor: Zvonko Sigmund, Ph.D.

Zagreb, 2024.



OBRAZAC 3

POTVRDA O POZITIVNOJ OCJENI PISANOG DIJELA DIPLOMSKOG RADA

Student/ica :

Antonio Kuhta	0082061173
(Ime i prezime)	(JMBAG)

zadovoljio/la je na pisanom dijelu diplomskog rada pod naslovom:

Tehnologije gra enja zgrada trgova kih centara
(Naslov teme diplomskog rada na hrvatskom jeziku)

Construction technologies of trade center buildings
(Naslov teme diplomskog rada na engleskom jeziku)

i predlaže se provođenje daljnjeg postupka u skladu s Pravilnikom o završnom ispitu i diplomskom radu Sveučilišta u Zagrebu Građevinskog fakulteta.

Pisani dio diplomskog rada izrađen je u sklopu znanstvenog projekta: (upisati ako je primjenjivo)

(Naziv projekta, šifra projekta, voditelj projekta)

Pisani dio diplomskog rada izrađen je u sklopu stručne prakse na Fakultetu: (upisati ako je primjenjivo)

(Ime poslodavca, datum početka i kraja stručne prakse)

Datum:

24.06.2024.

Mentor:

izv. prof. dr. sc. Zvonko Sigmund

Potpis mentora:

--

Komentor:

--



OBRAZAC 5

IZJAVA O IZVORNOSTI RADA

Ja :

Antonio Kuhta, 0082061173

(Ime i prezime, JMBAG)

student/ica Sveučilišta u Zagrebu Građevinskog fakulteta ovim putem izjavljujem da je moj pisani dio diplomskog rada pod naslovom:

Tehnologije građenja zgrada trgovačkih centara

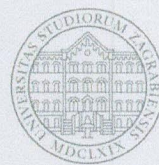
(Naslov teme diplomskog rada na hrvatskom jeziku)

izvorni rezultat mogega rada te da se u izradi istoga nisam koristio/la drugim izvorima osim onih koji su u njemu navedeni.

Datum:

26.06.2024.

Potpis:



OBRAZAC 6

IZJAVA O ODOBRENJU ZA POHRANU I OBJAVU PISANOG DIJELA DIPLOMSKOG RADA

Ja:

Antonio Kuhta, 0082061173

(Ime i prezime, OIB)

ovom izjavom potvrđujem da sam autor/ica predanog pisanog dijela diplomskog rada i da sadržaj predane elektroničke datoteke u potpunosti odgovara sadržaju dovršenog i obranjenog pisanog dijela diplomskog rada pod naslovom:

Tehnologije građenja zgrada trgovačkih centara

(Naslov teme diplomskog rada na hrvatskom jeziku)

koji je izrađen na sveučilišnom diplomskom studiju Građevinarstvo Sveučilišta u Zagrebu Građevinskog fakulteta pod mentorstvom:

izv. prof. dr. sc. Zvonko Sigmund

(Ime i prezime mentora)

i obranjen dana:

04.07.2024.

(Datum obrane)

Suglasan/suglasna sam da pisani dio diplomskog rada u cijelosti bude javno dostupan, te da se trajno pohrani u digitalnom repozitoriju Građevinskog fakulteta, repozitoriju Sveučilišta u Zagrebu te nacionalnom repozitoriju.

Datum:

26.06.2024.

Potpis:

ZAHVALE

Ovim putem, želio bih se zahvaliti svim profesorima za trud, predanost i stručnost koju su nam svima pružali tijekom obrazovanja. Hvala Vam za stvaranje okruženja u kojem sam se osjećao podržanim i cijenjenim, što je bilo ključno u oblikovanju mojih znanja, vještina i osobnosti. Posebno se zahvaljujem svom mentoru izv. prof. dr. sc. Zvonku Sigmundu, koji mi je svojim znanjem i savjetima pomogao u izradi ovog diplomskog rada.

SAŽETAK

U ovom radu istražuju se tehnologije gradnje zgrada trgovačkih centara odnosno retail parkova. Dvije tehnologije na kojima se temelji usporedba su monolitna i montažna. Biti će uspoređene kroz nekoliko općenitih čimbenika važnih za svaku građevinu te kroz čimbenike koji su posebno važni za trgovačke centre gdje su trajanje građenja, prilagodljivost prostora i troškovi identificirani kao oni najbitniji. Na temelju usporedbe doneseni su zaključci koji su dokazivani kroz detaljan prikaz montažne gradnje trgovačkog centra STOP SHOP Krapina i usporedbe s alternativnom monolitnom tehnologijom iz aspekta trajanja građenja.

Ključne riječi: montažna tehnologija, monolitna tehnologija, trgovački centar, montažna gradnja, retail park

SUMMARY

This paper explores the technologies of construction of building shopping centers, i.e. retail parks. The two technologies on which the comparison is based are monolithic and prefabricated. They will be compared through several general factors important for each building and through factors that are especially important for shopping centers where the duration of construction, adaptability of space and costs are identified as the most important. Based on the comparison, conclusions were made that were proven through a detailed presentation of the prefabricated construction of the STOP SHOP Krapina shopping center and comparisons with alternative monolithic technology from the aspect of construction duration

Key words: . prefabricated technology, monolithic technology, shopping mall, prefabricated construction, retail park

SADRŽAJ

ZAHVALE	i
SAŽETAK	ii
SUMMARY	iii
SADRŽAJ	iv
1 UVOD	1
2 VRSTE TEHNOLOGIJA U GRADNJI TRGOVAČKIH CENTARA	2
2.1 Monolitna gradnja	2
2.2 Montažna gradnja.....	5
2.3 Komparativna analiza	7
2.3.1 Mehanička otpornost i stabilnost.....	8
2.3.2 Trajanje gradnje	9
2.3.3 Prilagodljivost prostora.....	9
2.3.4 Ukupna troškovna efikasnost	10
2.3.5 Održivost i zaštita okoliša	10
2.3.6 Sumarna usporedba.....	11
3 TEHNOLOGIJA GRADNJE TRGOVAČKOG CENTRA STOP SHOP KRAPINA	12
3.1 Opće informacije o STOP SHOP-u	12
3.2 Tehnički opis	13
3.3 Organizacija gradilišta.....	15
3.4 Tehnologija gradnje	17
3.4.1 Duboko temeljenje	17
3.4.1.1 Proizvodnja pilota	18
3.4.1.2 Izvođenje dubokog temeljenja	19
3.4.2 AB temeljna konstrukcija	24
3.4.2.1 Temeljne AB stope i čašice	24
3.4.2.2 Temeljne AB grede.....	30
3.4.3 Nadzemna AB montažna konstrukcija	34
3.4.3.1 Proizvodnja i transport	35
3.4.3.2 Montaža	39
3.4.4 AB podna ploča	43
3.4.5 Ravni krov objekta	46
3.4.6 Pregradni gipskartonski zidovi	49
4 USPOREDBA S ALTERNATIVNOM MONOLITNOM TEHNOLOGIJOM.....	51
4.1 Podna ploča	51
4.1.1 Podna ploča u montažnoj izvedbi konstrukcije	51
4.1.2 Podna ploča u monolitnoj izvedbi konstrukcije.....	52
4.1.3 Usporedba podne ploče u montažnoj i monolitnoj izvedbi konstrukcije.....	54

4.2	Nadzemna konstrukcija	55
4.2.1	Nadzemna konstrukcija u montažnoj izvedbi.....	55
4.2.2	Nadzemna konstrukcija u monolitnoj izvedbi	56
4.2.3	Usporedba nadzemne konstrukcije u montažnoj i monolitnoj izvedbi.....	58
5	ZAKLJUČAK	60
	POPIS LITERATURE	62
	POPIS SLIKA	63
	POPIS TABLICA.....	65

1 UVOD

Prvi počeci građevinske djelatnosti sežu daleko u povijest, do vremena kada su ljudi kako bi se zaštitili od vremenskih nepogoda i divljih životinja počeli graditi jednostavne građevine koje su služile kao skloništa i nastambe. U ono vrijeme koristili su se isključivo prirodni materijali poput drva, kamena i blata. Kako je vrijeme prolazilo ljudi su sve više istraživali i otkrivali brojne načine i materijale za gradnju te su samim time bili u mogućnosti zadovoljiti svoje različite potrebe. Antičke civilizacije poput Grka, Rimljana i Egipćana ostavile su nam neka od najimpresivnijih građevinskih i arhitektonskih postignuća u ljudskoj povijesti i postavile temelje za kasniji razvoj građevinarstva. Egipatske piramide, zigurati u Mezopotamiji, grčki i rimski hramovi i amfiteatri samo su neke od građevina koje sve do danas zapanjuju brojne generacije i predstavljaju svojevrsnu enigmu stručnjacima iz područja građevinarstva u pogledu tehnologije građenja. U građevinama iz toga doba mogu se prepoznati prvi elementi montažne gradnje. Kroz razdoblje srednjeg vijeka najviše su se gradile religijske građevine poput crkvi i katedrala, a više se koristila monolitna tehnologija. U vremenu u kojem živimo grade se brojne građevine različitih namjena koje služe za zadovoljavanje ljudskih potreba. Trgovački centri, pogotovo oni koji su popularno nazivani „retail parkovima“, danas su vrlo česta pojava. Razlog tome leži u činjenici da su veoma praktični i pružaju široku ponudu raznovrsnih usluga. To su zapravo trgovački centri koji se sastoje od niza maloprodajnih trgovina iz različitih kategorija uključujući supermarkete, trgovine s odjećom i obućom, elektronikom, itd. Na taj način potrošačima se omogućuje obavljanje sve potrebne kupovine na jednom mjestu. Obično se nalaze na periferiji gradova uz veće prometnice, što ih čini lako dostupnim vozilima. Isto tako nude besplatno parkiranje za kupce za razliku od trgovina u urbanim sredinama i obično niže cijene najma za zakupce u odnosu na poslovne prostore u središtima gradova. Ovakvi centri u današnje vrijeme obično se grade montažnom tehnologijom. Montažna tehnologija građenja svoje korijene vuče još od davnih vremena antičkih civilizacija, a evoluirala sve do danas. U ovom radu nastojat ćemo prikazati montažnu tehnologiju jednog trgovačkog centra te pokušati otkriti je li ona zaista optimalan odabir ispred monolitne u ovakvim projektnim zadacima.

2 VRSTE TEHNOLOGIJA U GRADNJI TRGOVAČKIH CENTARA

Trgovački centri, pogotovo oni koji su popularno nazivani „retail parkovima“, danas su vrlo česta pojava. Razlog tome leži u činjenici da su veoma praktični i pružaju široku ponudu raznovrsnih usluga. To su zapravo trgovački centri koji se sastoje od niza maloprodajnih trgovina iz različitih kategorija uključujući supermarkete, trgovine s odjećom i obućom, elektronikom, itd. Na taj način potrošačima se omogućuje obavljanje sve potrebne kupovine na jednom mjestu. Obično se nalaze na periferiji gradova uz veće prometnice, što ih čini lako dostupnim vozilima. Isto tako nude besplatno parkiranje za kupce za razliku od trgovina u urbanim sredinama i obično niže cijene najma za zakupce u odnosu na poslovne prostore u središtima gradova. S građevinarskog aspekta retail parkovi su u većini slučajeva prizemne građevine sa samo jednom etažom površine preko 5000 m² iako mogu biti i višekatne. Najpoznatiji ovakvi trgovački centri u Hrvatskoj su Supernova, STOP SHOP i Roses Designer outlet. Svaka franšiza svoje centre gradi na neki sebi svojstven način, no međutim tehnologije građenja možemo podijeliti na dvije općenite:

- Monolitna gradnja
- Montažna gradnja

Svaka od ovih tehnologija ima prednosti, mane i neke specifičnosti koje je čine boljim ili lošijim izborom od druge. Nastojat ćemo ove prednosti i mane prepoznati te dati usporedbu na temelju koje ćemo ocijeniti koja tehnologija je pogodnija za trgovačke centre.

2.1 Monolitna gradnja

Monolitna gradnja je tehnologija izgradnje koja kao glavni materijal koristi armirani beton da bi se stvorile jedinstvene, čvrste i kompaktne strukture bez potrebe za mnogim spojnim elementima. Monolitna gradnja podrazumijeva ulijevanje betona u unaprijed pripremljene kalupe odnosno takozvane oplata. Za razliku od montažne gradnje, gdje se elementi grade van gradilišta i zatim spajaju, monolitna gradnja omogućava kontinuitet i čvrstoću bez vidljivih spojeva.

Monolitna gradnja počela se primjenjivati s nastankom odnosno izumom armiranog betona. Josepha Moniera smatra se „ocem“ armiranog betona. Izrađivao je posude za biljke i cvijeće te ih dodatno ojačavao čeličnom žičanom mrežom (Bjegović i Štirmer, 2015). Na samom početku 20. stoljeća armirani beton počeo se intenzivno koristiti i tada su se monolitnom gradnjom realizirali projekti koji su bili ispred svog vremena kao što su Ingalls building, 16 katni, 64 metara visok, prvi betonski neboder u svijetu prikazan na slici 1.



Slika 1 Ingalls building neboder (Izvor: Desmond, 2024)

Neboder je sagrađen 1903. godine, a smatrao se veoma odvažnim inženjerskim pothvatom. Razlog tome leži u činjenici da je u to vrijeme najveća betonska zgrada imala samo 6 katova, pa su laici, ali čak i stručnjaci zbog male vrijednosti vlačne čvrstoće betona bili uvjereni da zgrada neće moći izdržati vlastitu težinu i opterećenja od vjetra.

Investitor Ingalls i inženjeri koji su bili zaduženi za izvođenje vjerovali su da će im Ransomeov sustav lijevanja upletenih čeličnih šipki unutar betonskih ploča kao armature te lijevanje ploče i greda u cjelini omogućiti stvaranje postojane i krute strukture koja će biti sposobna prenositi sva opterećenja u svom životnom vijeku. Nakon dvije godine raspravljanja sa gradskim vlastima dobili su građevinsku dozvolu i radovi su započeli. Konstruktivni dio zgrade sačinjavali su betonski zidovi i ploče debljine 20 cm, betonske grede i stupovi, svi ojačani čelikom. Međukatne ploče dimenzija 15x30 m izvedene su bez dilatacija, a stupovi prvih deset katova bili su dimenzija poprečnog presjeka 76x86 cm, dok su na višim katovima bili nešto manji (Jones i Rolfes, 2011). Kako je vrijeme prolazilo, potencijali armiranog betona sve su se više otkrivali pa su tako kroz 20. stoljeće monolitnom tehnologijom izgrađene brojne zgrade koje ostavljaju bez daha. Tu svakako valja spomenuti zgradu opere u Sidneyu i muzej Guggenheim. Što se tiče monolitne gradnje u kontekstu retail parkova jedan od prvih takvih centara izgrađen je 1907. godine. Radi se o Roland Park centru u Baltimoreu. To je trgovački centar izgrađen u engleskom tudorskom stilu od armiranog betona monolitnom tehnologijom (Wikipedia, 2024).



Slika 2 Roland Park (izvor: Wikipedia, 2024)

Kada pogledamo retail parkove u cijelom svijetu koji su izgrađeni u novije doba teško ćemo pronaći primjer centra koji je građen potpuno monolitno. Većina centara građena je montažnom ili polu montažnom tehnologijom. U nastavku ćemo pokušati otkriti koji su glavni razlozi za to.

2.2 Montažna gradnja

Pod pojmom montažna gradnja podrazumijeva se izvođenje građevinskih objekata pomoću predgotovljenih građevinskih elemenata koji se montiraju na željeno mjesto. Princip se svodi na to da se u stacionarnim pogonima u skladu sa industrijskim načelima proizvode građevinski elementi koji se različitim sredstvima transportiraju na gradilište i tamo se montiraju kako bi oblikovali gotov objekt. U ekstremnim slučajevima moguće je i da se proizvodnja armiranobetonskih elemenata organizira na gradilištu.

Građenje montažnim elementima počelo je još u najstarijim vremenima, prilikom građenja piramida i hramova. Iako montažna gradnja tada nije bila razvijena kao danas, postoje dokazi da su drevne civilizacije koristile elemente montažne gradnje, oni su na primjer koristili unaprijed pripremljene i obrađene kamene blokove. Ogromne kamene blokove ljudi su transportirali na mjesto ugradnje i ugrađivali.



Slika 3 Ilustracija gradnje piramida (Izvor: Govedić, 2020)

Tijekom britanske kolonijalizacije montažne kuće transportirane su brodovima i montirane u kolonijaliziranim zemljama zbog jednostavnosti i brzine izvedbe. Značajna prekretnica u montažnoj gradnji dogodila se u u poslijeratnoj obnovi nakon Drugog svjetskog rata, kada je brza gradnja bila ključna za smještaj velikog broja ljudi u kratkom vremenskom razdoblju pa su se u to vrijeme gradili modularni stambeni blokovi u Njemačkoj i Rusiji (Begić, 2019).

Što se tiče montažne gradnje trgovačkih centara konkretnije retail parkova jedan od prvih u svijetu bio je Northgate Mall u Seattleu, Sjedinjenim Američkim Državama. Otvoren 1950. godine u Seattleu, Northgate Mall se često navodi kao jedan od prvih centara koji je kombinirao veće prodajne objekte s velikim parkingom. Iako možda nije tipičan retail park kakve danas poznajemo, postavio je temelje za razvoj ovog tipa trgovačkih centara. Temelji Northgate Malla bili su građeni monolitno od betona zbog stabilnosti i sposobnosti da podnese težinu nadzemne konstrukcije. Nadzemna konstrukcija sastojala se od čeličnih okvira koji su prethodno izrađeni u pogonu i montirani na gradilištu. Čelični okvir je bio uobičajen izbor za velike komercijalne objekte toga vremena zbog svoje čvrstoće, trajnosti i mogućnosti stvaranja otvorenih unutarnjih prostora bez potrebe za mnogo nosivih zidova. Vanjska pročelja bila su obložena kombinacijom materijala kao što su cigla, betonski paneli i staklo. Cigla i beton su se često koristili zbog svoje trajnosti i estetskog izgleda, dok se staklo koristilo za izloge i svjetlosne otvore radi poboljšanja prirodne svjetlosti unutar prodajnog prostora.

U kontekstu retail parkova u Hrvatskoj, jedan od definitivno najpoznatijih je Roses Designer outlet u Svetom Križu Začretju. Ovaj centar izgrađen je 2009. godine i ima 23.500 m² prodajnog prostora. Tehnologija građenja bila je montažna. Konstrukcija centra sastoji se od čeličnih profila te predgotovljenih betonskih elemenata koji čine pročelja zgrade.

Titule najaktualnijih retail parkova u Hrvatskoj danas nose Supernova i STOP SHOP koji na području Hrvatske zajedno imaju već preko 20 otvorenih trgovačkih centara. Sve svoje centre grade više manje istom tehnologijom koja se bazira na betonskim temeljima i AB montažnoj nadzemnoj konstrukciji što je ujedno i prevladavajuća tehnologija građenja ovakvih trgovačkih centara u cijelom svijetu. Tehnologija izgleda ovako: izvodi se AB temeljna konstrukcija sa čašicama za stupove AB montažne konstrukcije. Na stupove dolaze primarne i sekundarne

grede, što znači da vertikalni površinski konstrukcijski elementi ne postoje pa se pregradni zidovi između lokala izvode kao gips kartonski.

2.3 Komparativna analiza

Koje su prednosti i nedostaci monolitne, a koje montažne gradnje? Pokušat ćemo ih izdvojiti u općenitom smislu, a nakon toga u kontekstu retail parkova.

Monolitne konstrukcije, kao što smo već spomenuli, odnose se na sustav izgradnje u kojem se cijeli objekt ili značajan dio objekta gradi kao jedan monolitni blok, obično od armiranog betona. Ovaj pristup ima svoje prednosti i nedostatke. Kao prednosti ove tehnologije građenja istaknuli bismo sljedeće:

- Čvrstoća i stabilnost: Konstrukcija u vidu monolitnog bloka od armiranog betona je izuzetno jaka i omogućuje postizanje ogromne razine stabilnosti i čvrstoće te je otporna na sva vanjska djelovanja i opterećenja. Monolitne konstrukcije na taj način pružaju dugotrajnu sigurnost i veću stabilnost od montažnih konstrukcija.
- Seizmička otpornost: Zbog svoje kontinuirane i integrirane strukture, monolitno izgrađene zgrade kompaktnije su i na taj način otpornije na horizontalna djelovanja koja nastaju prilikom potresa za razliku od montažnih konstrukcija sa slabim spojevima.
- Trajnost: Monolitne građevine imaju dug vijek trajanja i njihova konstrukcija ne zahtjeva gotovo nikakvo održavanje u odnosu na montažne konstrukcije i spojeve elemenata koji zahtijevaju redovita i skupa održavanja.
- Širok spektar opcija dizajna: Monolitna konstrukcija naspram montažne definitivno može tvoriti kreativnije i impozantnije dizajne od montažne konstrukcije, uključujući neobične oblike i arhitektonske detalje koje je teško postići montažnim metodama.
- Dugotrajnost: Beton je materijal koji je otporan na vremenske uvjete i koroziju, što doprinosi dugotrajnosti monolitnih građevina.

S druge strane imamo montažnu tehnologiju građenja, koja podrazumijeva izradu konstrukcijskih elemenata (konkretno u ovom slučaju od armiranog betona) u tvornici te transport i montiranje na licu mjesta. Prednosti montažnih konstrukcija su:

- Brzina građenja: Montažna tehnologija gradnje jest puno brža od monolitne. Jednom kad su elementi proizvedeni i transportirani na gradilište, montaža istih traje puno kraće nego što bi to bio slučaj kod neke monolitne alternative u kojoj je potrebno izvesti oplatu i nakon toga betonirati.
- Kvaliteta elemenata: Kada je u pitanju kvaliteta betonskih elemenata tada je montažna gradnja definitivno ispred monolitne. Proizvodnja elemenata u pogonima koji imaju standardizirane postupke izrade i njegovanja i kontrolirane uvjete sa kvalitetnijim mogućnostima kontrole nadmašuje betoniranje na gradilištu gdje je beton izložen vanjskim, u većini slučajeva nepovoljnim utjecajima.
- Ekonomičnost: Kod montažne tehnologije gradnje smanjuju se gubici materijala i vremena odnosno svode se na minimum.
- Prevladavanje strojnog rada i automatizacije: Prilikom proizvodnje i montaže automatizacija i strojni rad nastoje se svesti na maksimum čime se proces znatno ubrzava, a faktor ljudske greške svodi se na minimum.
- Prilagodljivost: Montažna konstrukcija koja se sastoji od stupova i greda omogućuje prilagodljivost i razne promjene tijekom životnog vijeka građevine koje su puno lakše izvedive nego što bi to slučaj bio kod monolitne konstrukcije i izmještanja nosivih zidova.

Sada kad smo izdvojili neke opće prednosti i nedostatke prednosti i nedostatke jedne i druge tehnologije, pokušat ćemo filtrirati samo one čimbenike koji su od iznimne važnosti u gradnji trgovačkih centara i na taj način pokušati predočiti koja je tehnologija gradnje bolja odnosno isplativija u ovakvim slučajevima.

2.3.1 Mehanička otpornost i stabilnost

Mehanička otpornost i stabilnost jedan je od temeljnih zahtjeva za građevinu i svakako jedan od prioriteta svakog investitora, ali i ostalih sudionika prilikom gradnje. Monolitna konstrukcija od armiranog betona tu ima prednost nad montažnom gradnjom jer su svi dijelovi konstrukcije povezani u jednu cjelinu bez kritičnih spojeva što im omogućuje veću otpornost na horizontalna djelovanja kao što su djelovanja vjetera ili seizmička djelovanja. Najslabija karika montažnih konstrukcija su spojevi elemenata. To su kritične točke koje su podložne prodiranju vode, stvaranju korozije i raznim deformacijama te mogu popustiti pod jakim horizontalnim

djelovanjem. Kod montažnih konstrukcija ova mana pokušava se anulirati na način da se objekti grade sa manjim brojem etaža (jednom ili dvije) i u takvim slučajevima montažna konstrukcija je otporna i stabilna gotovo kao i monolitna.

2.3.2 Trajanje gradnje

Jedan od najvažnijih čimbenika u izgradnji retail parka jest brzina izvedbe odnosno trajanje cijelog projekta. Ovakvi trgovački centri svoje prihode stječu isključivo od najma kojeg plaćaju zakupci koji iznajmljuju lokale. Ako usporedimo trajanje montažne gradnje i monolitne, veoma je jasno da je montažna gradnja puno brža. Proizvodnju elemenata i dovoz na gradilište moguće je odrađivati paralelno s pripremnim radnjama, a sama montaža traje puno kraće nego što bi to bio slučaj sa sastavljanjem oplata, postavljanjem i vezivanjem armature i betoniranja elemenata na gradilištu. Uzmimo za primjer jedan trgovački centar koji se sastoji od 20 lokala s ukupnom površinom od 10.000 m² i pretpostavimo da je cijena najma po kvadratnom metru iznosi 10€. Koliko će iznositi gubici koji su prouzrokovani duljim trajanjem gradnje za 6 mjeseci? Prikaz je vidljiv u tablici 1.

Tablica 1 Prikaz procjene ukupnog iznosa najma

Trajanje	Ukupna površina za najam	Mjesečni najam	Ukupni najam za vrijeme trajanja
6 mjeseci	10.000 m ²	10 €/m ²	600.000,00 €

Prema tablici možemo vidjeti da gubitci trgovačkog centra, ukoliko proces građenja traje 6 mjeseci duže, mogu iznositi oko 600.000,00 € i upravo je to jedan od glavnih razloga zašto franšize poput Supernove i STOP SHOP-a nastoje svoje centre izgraditi u što bržem roku pa ovaj čimbenik ide na stranu montažne gradnje.

2.3.3 Prilagodljivost prostora

Još jedan veoma važan čimbenik prilikom gradnje retail parkova jest mogućnost modifikacije i prilagodbe prostora tijekom faze građenja i faze korištenja. Ovaj čimbenik je važan iz više razloga, no izdvojit ćemo najbitnije. Na samom početku faze gradnje, čest je slučaj da retail parkovi nemaju zakupljene sve svoje lokale i da većina bude iznajmljena tijekom faze gradnje.

Zakupcima često ne odgovara projektirani raspored lokala pa uvjetuju razne promjene, a budući da je trgovačkom centru cilj da iznajmi lokale, on će biti primoran napraviti tražene izmjene. Isto tako, svaki zakupac koji iznajmi određeni lokal u trgovačkom centru, neće tamo biti zauvijek. Kada jedan zakupac ode, sljedeći koji dolazi opet će zahtijevati razne promjene. Ako promatramo armiranobetonski monolitno građen centar, čiju konstrukciju čine armiranobetonske ploče, grede i armiranobetonski zidovi, možemo zaključiti da jednom kad su takvi zidovi izvedeni i čine nosivu konstrukciju samog objekta, teško ih je uklanjati ili pomicati, a da se pritom ne naruši mehanička otpornost i stabilnost objekta. S druge strane centar, koji je građen montažnom tehnologijom i čija se konstrukcija sastoji od montažnih armiranobetonskih stupova i greda, nema nosive pregradne zidove, već se oni izvode kao montažni gips kartonski koje je kao takve puno lakše, brže i jeftinije izmjestiti ili potpuno ukloniti nego što bi to bio slučaj sa armiranobetonskim zidovima. Samim time ovakva montažna tehnologija gradnje puno je zgodnija investitorima, a i budućim zakupcima s aspekta prilagodljivosti i mogućih modifikacija.

2.3.4 Ukupna troškovna efikasnost

Kod montažne gradnje potrebno je puno manje radne snage u odnosu na monolitnu gradnju što na kraju rezultira manjim troškovima rada. Isto tako, budući da je trajanje gradnje kraće, možemo zaključiti da će indirektni troškovi gradilišta biti manji ukoliko se izvodi montažnom tehnologijom gradnje.

2.3.5 Održivost i zaštita okoliša

S aspekta održivosti i zaštite okoliša montažna tehnologija gradnje omogućuje proizvodnju u kontroliranim uvjetima što rezultira brojnim pogodnostima naspram monolitne gradnje kao što su manje količine otpada i ušteda resursa, bilo materijalnih ili ljudskih. Budući da je montažna gradnja brža, samim time smanjit će se emisije CO₂. Veliku količinu emisije CO₂ akumulira dovoz materijala na gradilište. S ovog aspekta monolitna gradnja može biti u blagoj prednosti u odnosu na montažnu, jer nema dovoza elemenata iz udaljenih pogona, već se dovozi beton iz obližnje betonare. Kod montažne gradnje taj faktor može se korigirati na način da se elementi proizvode na gradilištu, tako da su s aspekta održivosti i zaštite okoliša montažna i monolitna tehnologija podjednako pogodne.

2.3.6 Sumarna usporedba

Na kraju, kako bismo sumirali navedene čimbenike i prikazali koja je tehnologija gradnje pogodnija za njihovo ostvarivanje, prikazat ćemo analizu u tablici 2.

Tablica 2 Usporedba monolitne i montažne tehnologije građenja u kontekstu retail parkova

Čimbenik	Monolitna tehnologija	Montažna tehnologija
Mehanička otpornost i stabilnost	+	-
Trajanje gradnje	-	+
Prilagodljivost prostora	-	+
Ukupna troškovna efikasnost	-	+
Održivost i zaštita okoliša	+	+

Prema navedenim zaključcima montažna tehnologija gradnje bolji je izbor od monolitne tehnologije i razlog zašto se u današnje vrijeme gotovo svi trgovački centri izvode montažnom tehnologijom. U sljedećem poglavlju prikazat ćemo montažnu tehnologiju gradnje na primjeru izvedbe trgovačkog centra STOP SHOP Krapina i na kraju usporediti trajanje građenja sa alternativnom monolitnom tehnologijom te na taj način pokušati dokazati zaključke iz ovog poglavlja.

3 TEHNOLOGIJA GRADNJE TRGOVAČKOG CENTRA STOP SHOP KRAPINA

U ovom poglavlju prikazat ćemo tehnologiju gradnje pojedinih dijelova trgovačkog centra STOP SHOP Krapina s montažnom AB nadzemnom konstrukcijom.

3.1 Opće informacije o STOP SHOP-u

STOP SHOP je trenutno jedan od najaktualnijih maloprodajnih retail parkova u Europi odnosno trgovačkih centara koji se nalaze u ruralnim područjima manjih ili srednjih gradova. Za uspjeh STOP SHOP-a, koji postoji od 2006. godine, značajni su njihovi standardizirani kriteriji - u STOP SHOP-u se velika pažnja pridaje atraktivnim kombinacijama međunarodnih i nacionalnih zakupaca, a zbog velike frekvencije kupaca, impulzivne kupovine su češće nego inače. Takvi parkovi su najčešće izvedeni na jednoj etaži i pravilnog tlocrta, sa većim brojem trgovina iz raznih područja. STOP SHOP franšiza se trenutno nalazi u 10 europskih država i posjeduje 130 maloprodajnih parkova te više od 900.000 m² iznajmljenog prostora te nastavlja sa razvojem istim tempom i planira daljnje širenje po Europi.

STOP SHOP nastoji izgraditi svoje centre u gradovima čiji se broj stanovnika kreće od 30.000 do 150.000 te uz praktične sadržaje, zelene površine i velik broj raznih usluga, klijentima pružiti bolju alternativu u odnosu na pretrpane klasične trgovačke centre. Ovi retail parkovi smješteni su na lokacijama do kojih je jednostavno doći osobnim i javnim prijevozom te su odlično povezani s okolicom gradova u kojima se nalaze. U njima možete pronaći široku lepezu proizvoda – od odjeće, obuće, kućnih potrepština i namještaja pa sve do proizvoda za djecu i kućne ljubimce. Glavni cilj ove franšize je doći do broja od 20 STOP SHOP parkova u Hrvatskoj, a budući da su centri u Osijeku, Valpovu, Velikoj Gorici, Kaštel Sućurcu, Ludbregu, Našicama, Gospiću, Daruvaru, Vinkovcima, Đakovu, Labinu, Pazinu, Vukovaru i Čakovcu već izvedeni i pušteni u rad, činjenica je da je više od pola posla završeno.

STOP SHOP Development d.o.o. je tvrtka osnovana u Hrvatskoj zadužena za analizu tržišta te provođenje programa tvrtke u Republici Hrvatskoj. Ova tvrtka se nalazi u ulozi investitora za sve STOP SHOP centre u našoj zemlji pa tako i za projekt u Krapini.

3.2 Tehnički opis

Projektom u Krapini zahtjeva se izgradnja:

- Trgovačkog centra na k.č. 1024 k.o. Krapina Jug sa trafostanicom
- Priključne prometnice na čestici k.č. 1023 k.o. Krapina Jug

Izvođenje ovog projekta predato je u ruke tvrtke Radnik d.d. iz Križevaca, građevinskog diva čija dugogodišnja kontinuiranost postojanja i bivanja u vrhu građevinskog sektora Republike Hrvatske investitoru predstavlja svojevrsnu garanciju da će projekt biti realiziran i završen unutar predviđenog roka. Vrijednost ovog projekta iznosi 6.255.639,94 €, a rok izvedbe je 07. studeni 2024. godine. Radnik d.d. je s radovima počeo 12. siječnja ove godine.



Slika 4 Vizualizacija objekta

U sklopu ovog projekta potrebno je izvesti trgovački centar sa trafostanicom na zasebnoj parceli te prometni priključak. Priključenje građevne čestice na javnu prometnu površinu predviđeno je na postojeću industrijsku cestu. Planirani kolni priključak se nalazi u koridoru buduće državne ceste te je usklađen s iste u tlocrtnom i visinskom smislu. Kao što smo već

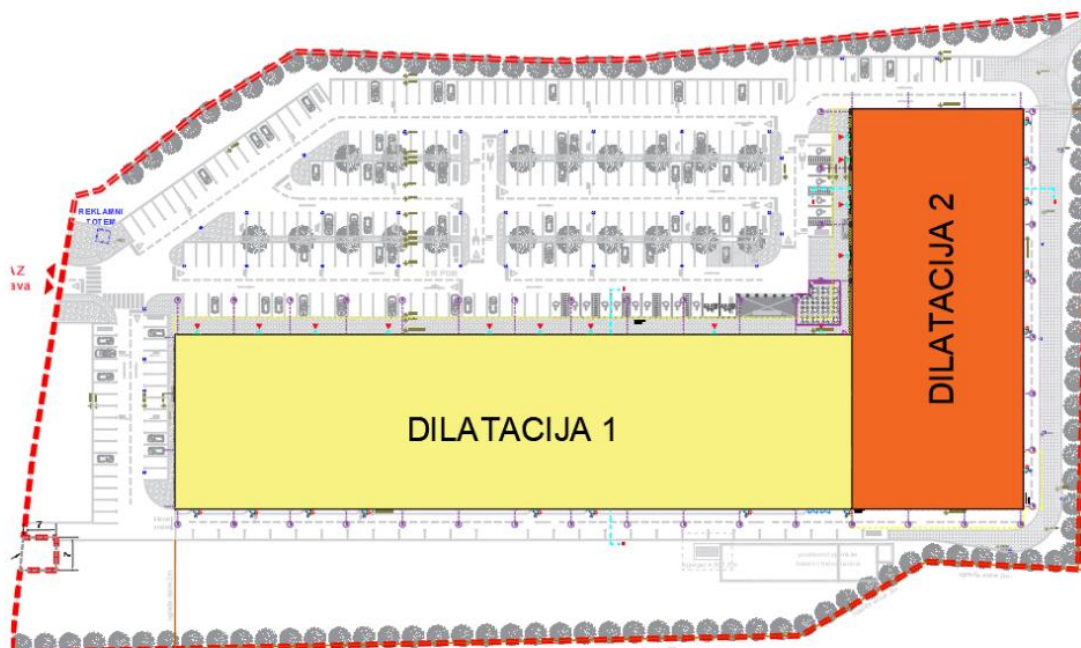
spomenuli, kolni priključak za kupce trgovačkog centra projektiran je kao produžetak Industrijske ceste, u duljini od 82 m.



Slika 5 Prikaz pozicije trgovačkog centra i prometnog priključka

Temelji su zamišljeni kao armiranobetonska (AB) konstrukcija sačinjena od temeljnih stopa, čašica i greda. Duboko temeljenje sastoji se od AB pilota na koji dolaze temeljne stope i čašice kao priprema za montažne AB stupove i ostatak konstrukcije. Vezne grede unutar objekta nalazit će se na koti -1.40 i neće biti vidljive, dok će se dio greda po obodu objekta izvoditi do kote +0.98 i na taj način činiti betonski sokl objekta na koji kasnije dolazi ETICS sustav. Nadzemna konstrukcija izvodit će se kao AB montažna sa stupovima 60x60 cm te glavnim i sekundarnim krovnim nosačima, a montirat će se autodizalicom. Podna AB ploča izvodi se debljine $d=16$ cm kao plivajuća na dobro zbijenom tamponu, armirana čeličnim i polipropilenskim vlaknima. Pročelja sa dostavne strane centra planirana su kao betonski sokl sa ETICS sustavom iznad kojeg dolazi čelična konstrukcija i horizontalno položeni paneli izrađeni kao sendvič konstrukcija. Sa ulazne strane centra izvodit će se aluminijska staklena stijena na čeličnoj konstrukciji. Pregradni zidovi unutar centra predviđeni su kao montažni gips kartonski, kao i spuštene stropovi. Krov je projektiran kao neprohodan u jednoj razini s blagim nagibom od 1% radni odvodnje krovnih voda.

Trgovački centar STOP SHOP Krapina nalaziti će se na čestici veličine 26.493,00 m² od čega površina same zgrade iznosi 8.516,00 m², zelene površine 6.638,01 m², dok preostali dio pripada kolnim i pješačkim površinama. Relativna kota ±0.00 nalaziti će se na +170.40 mm. Objekt se dijeli na dvije dilatacije. Dilatacija 1 dimenzija je 144x36m, dok je dilatacija 2 dimenzija 36x74m. Kota krova iznosi +6.00.



Slika 6 Shema dilatacija na situacijskom nacrtu

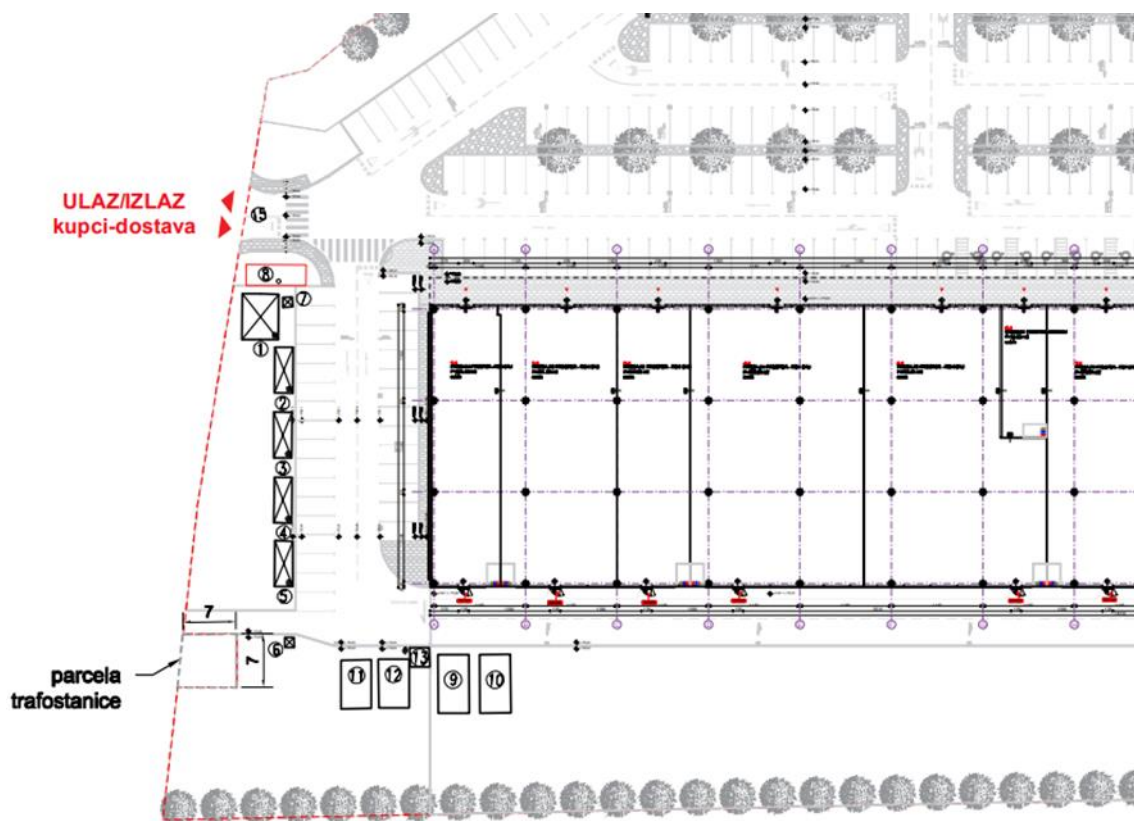
3.3 Organizacija gradilišta

Budući da je građevina projektirana sa samo jednom etažom na ovom gradilištu nema potrebe za toranjskom dizalicom. Na gradilištu se nalaze 3 kontejnera glavnog izvođača od čega jedan uredski kontejner i 2 skladišna kontejnera i nekoliko kontejnera od raznih podizvođača. Kontejneri se nalaze između projektirane građevine i prometnice, a uz njih se nalazi i deponija armature te deponija oplata. Gradilišni pogon ne postoji ni za tesarske ni armiračke radove. Armatura se dobavlja od vanjskog dobavljača, a oplata dijelom iz pogona oplata tvrtke Radnik, a dijelom od dobavljača. Beton koji se koristi na gradilištu dovozi se iz obližnje betonare udaljene 3 km. Za istovar materijala koriste se uglavnom bageri i viljuškari. Skladišta materijala kao što su keramika, vuna i gips kartonske ploče nalaziti će se u samoj građevini. Dovoz i odvoz

materijala odvija se kroz kolni ulaz na gradilište koji se nalazi na mjestu gdje će se izvoditi priključak sa industrijske ceste. Trenutni prostor za parking nalazi se također uz kontejnere, a strojevi i veća mehanizacija parkiraju se na mjesta na kojima u određenom trenutku ne sprečavaju izvođenje i komunikaciju na gradilištu. Cijevni materijal za vodovod i kanalizaciju deponira se po rubovima gradilišta također iz razloga kako ne bi sprječavao transport i komunikaciju po gradilištu. Unutarnji transport raznih materijala kao što su armatura i oplata vrši se pomoću bagera točkaša CAT M318F, a unutarnji transport šljunka obavlja se kamionima kiperima u koje se utovaruje bagerima. Zemlja sa gradilišta odvozi se na deponiju u Svetom Križu Začretju, 10 kilometara udaljenu od samog gradilišta. Kemijski WC-i smješteni su kod samog ulaza na gradilište. Gradilište ima osiguran privremeni priključak električne energije i 1 glavni elektro ormarić te 4 pomoćna. Privremeni priključak vode neće se izvoditi jer nije potrebno, stoga će voda na gradilištu biti dostupna tek kad se izvede vodomjerno okno i osposobi vodovodni sustav.



Slika 7 Legenda sheme gradilišta



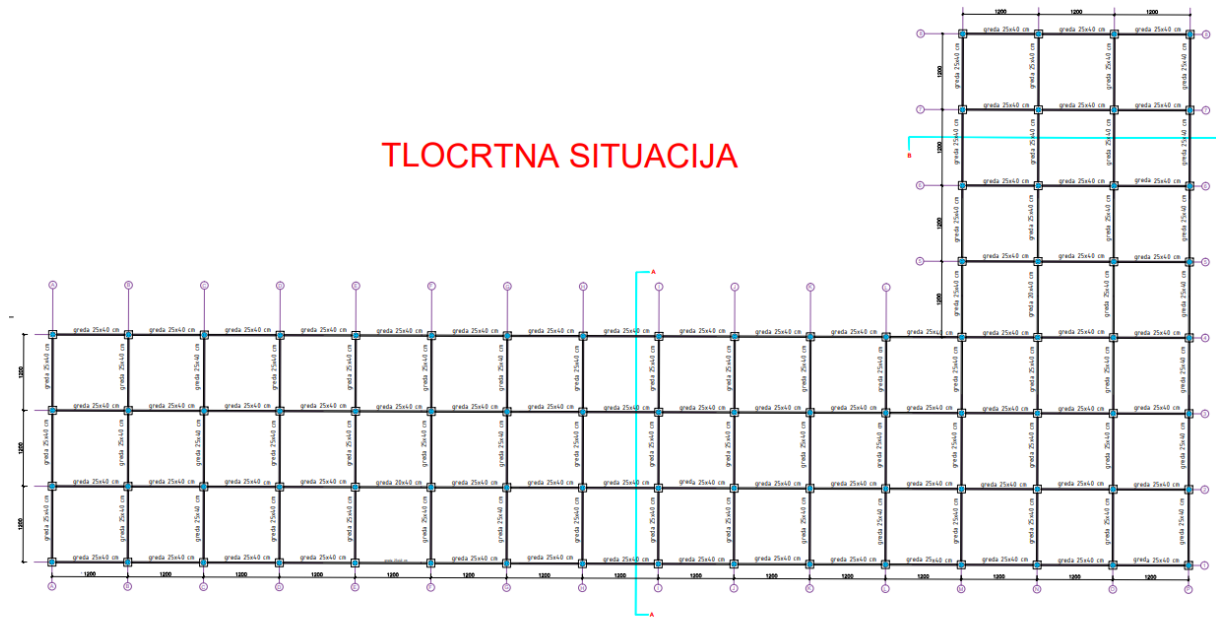
Slika 8 Shema gradilišta

3.4 Tehnologija gradnje

Tehnologija gradnje trgovačkog centra STOP SHOP u Krapini je jednostavno rečeno polu montažna. Duboko temeljenje izvodit će se pobijanjem predgotovljenih pilota, dok će se temeljne stope, grede i čašice izvoditi monolitno, na gradilištu. Nadzemna konstrukcija izvodit će se kao AB montažna

3.4.1 Duboko temeljenje

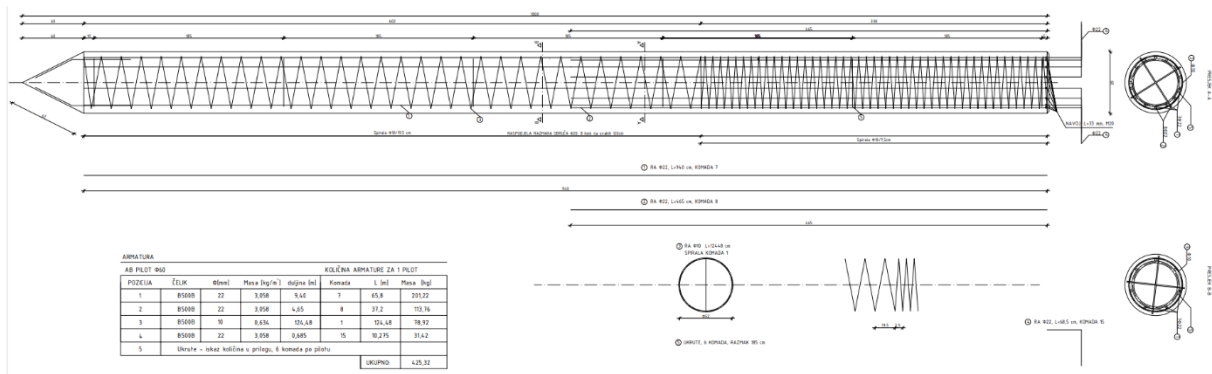
Za potrebe trgovačkog centra STOP SHOP Krapina temeljenje će se izvesti na pilotima sa veznim gredama koje će biti povezane čašicom stupova koje su oslonjene na pilote. Vezne grede biti će povezane sa čašicama u jednom i drugom smjeru. Razlog za izvođenje pilota leži u činjenici da se ispod budućeg objekta nalazi tlo sa relativno lošim karakteristikama nosivosti odnosno otpornosti. Piloti se izvode na osnom razmaku od 12 m, a ukupno ih ima 80. Tehnologija koja će se koristiti za izvođenje pilota je strojno pobijanje predgotovljenih AB elemenata.



Slika 9 Tlocrtna situacija pilota i AB temeljne konstrukcije

3.4.1.1 Proizvodnja pilota

AB piloti betoniraju se u proizvodnom pogonu sukladno projektnoj dokumentaciji i transportnim sredstvima dovoze se na gradilište. Budući da je tehnologija izvođenja specifična, bitno je da se prilikom projektiranja i proizvodnje obrati pažnja na zahtjeve koje definira faza transporta i faza pobijanja. Tu se prvenstveno misli na sam oblik pilota, naime ovakav pilot ne smije imati ravnu bazu već ona imati čelični šiljak kako bi sam proces pobijanja bio izvediv. Isto tako zbog velikih sila koje se javljaju prilikom udarca stroja o glavu pilota bitno je da se na visini 3 m od vrha pilota ugradi granični čelični lim koji će formirati šuplji poprečni presjek betona kako bi pilot postigao veću otpornost na izvijanje koja je neophodna za izvođenje pobijanjem. Prilikom proizvodnje potrebno je još obratiti pažnju na činjenicu da će se pilot morati vezati sa armaturnim košem temeljne stope pa se iz tog razloga na vrhu pilota nužno ugraditi i zaštititi spojnice sa narezanim navojem u koje će se kasnije umetati spojne šipke i samim time stvoriti vezu sa temeljnom stopom i čašicom. Piloti se izrađuju od betona klase C40/50 i armiraju se rebrastom armaturom B500B.



Slika 10 Nacrt AB pilota

3.4.1.2 Izvođenje dubokog temeljenja

Prije nego što se kreće sa pobijanjem potrebno je odraditi pripremu. To podrazumijeva skidanje humusa i široki iskop ispod buduće građevine i nasipavanje tamponskog sloja od kamenog agregata frakcije 0-63 mm kojeg je potrebno dobro zbiti kako stroj za pobijanje pilota, zbog svoje enormne mase, ne bi imao problema prilikom kretanja i manevriranja po gradilištu. Za potrebe pobijanja koristi se stroj Junttan PM 20 koji teži 60 tona i za čiji dovoz na gradilište je potreban izvanredni prijevoz. Stroj funkcioniše na način da pilot zabija pomoću čekića teškog 8,9 tona koji se pušta da slobodno pada na vrh pilota sa visine od 5 – 120 cm. Kapa koja je spojena na čekić dvjema sajlama omogućava da prijenos sile udarca sa čekića na gornju plohu pilota bude ravnomjeran. Armirano betonski elementi Ø600 mm i duljine 10 m dovoze se na gradilište na labudici i tegljaču velike nosivosti jer jedan teži otprilike 3 tone. Po dovozu piloti se istovaruju pomoću bagera gusjeničara O&K RH 9 po mogućnosti u blizini pozicija na kojima se i pobijaju. Piloti se istovaruju na način da se s dvije gurtne obuhvati pilot i bagerom podiže te spušta na mjesto deponiranja. Kada su piloti istovareni može se krenuti sa pobijanjem (Udovič i Kereš, 2021)



Slika 11 Stroj za pobijanje Junttan PM20

Isto tako potrebno je napraviti geodetsko iskolčenje i postaviti nanosnu skelu na kojoj će biti označene osi objekta i prema kojoj će se iskolčiti pozicije zabijanja pilota. Piloti se pobijaju na svakom sjecištu dviju osi kao što je prikazano na slici 9., a ta mjesta iskolčavaju se uz pomoć nanosne skele i teodolita. Početni korak kod pobijanja pilota nakon istovara je opasivanje pilota sajlom pomoću koje se on podiže u okomit položaj i uglavljuje u kapu ispod čekića. Između glave pilota i čekića postavlja se meko drvo poput lipe ili šperploča čija je svrha da zaštiti glavu pilota od neželjenog oštećenja tijekom pobijanja. Kada stroj konačno drži pilot, on se pomiče na mjesto zabijanja i spušta se na zemlju. Nužno je pilot centrirati točno na predviđenu poziciju i prije početka pobijanja staviti ga u okomit položaj pomoću letve sa libelom. Kada je pilot centriran i u okomitom položaju može se krenuti sa pobijanjem. Nakon prvog udarca potrebno je ponovno provesti kontrolu vertikalnosti i centriranje pilota ukoliko se on izmaknuo. Udarcima čekića pilot se pobija na traženu geodetsku visinu, a to je otprilike 120 cm dublje od

razine tamponskog sloja (relativna kota -1.40), uz redovitu kontrolu vertikalnosti. Kada vrh pilota dođe do tamponskog sloja, potrebno je koristiti nastavak za pobijanje koji omogućuje pobijanje pilota ispod razine radnog platoa, a isti možete vidjeti na slici 9 u desnom uglu. Kako bi se pilot zabio na točno traženu kotu, na nastavku za pobijanje mjeri se 140 cm od vrha glave pilota i na tom mjestu zacrtava se relativna nula te se pomoću laserskog nivelira prati visina. Kada je pilot pobijen na traženu kotu, demontira se nastavak sa stroja i kreće se sa prihvaćanjem i pobijanjem sljedećeg pilota. Pobijanje jednog pilota obično traje oko između 35 i 45 minuta ovisno o karakteristikama tla u kojem se radovi izvode.



Slika 12 Junttan PM20 neposredno pred početak pobijanja

Kako smo već spomenuli, na pilot dolaze temeljne stope i čašice pa je potrebno izvesti njihov spoj međusobni spoj. Upravo iz toga razloga piloti u sebi imaju zalijane matice na cca. 5 cm od vrha, a do kojih se dolazi na način da se po završetku pobijanja vrh pilota obija vibracijskim čekićem kako bi se došlo do matica u koje se potom zavrću unaprijed pripremljene armaturne šipke $\varnothing 20$ na koje će se kasnije vezati armatura AB temeljne stope i čašice. Šipke nije moguće montirati u predviđenom „L“ obliku već se one montiraju kao ravne, a potom se pomoću prijenosne električne savijačice savijaju u traženi oblik. Za ovaj zahvat potrebna su dvojica radnika, a prosječno potrebno vrijeme za uređivanje glave pilota iznosi 90 min.



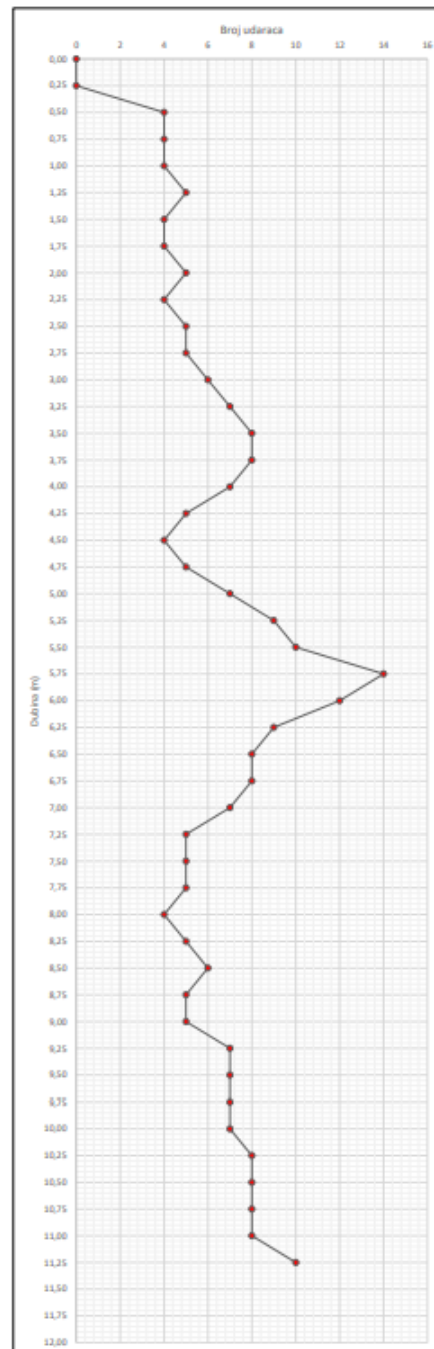
Slika 13 Zatvorene matice u vrhu pilota i ugrađene i savijene spojne šipke

Bitno je napomenuti da prilikom pobijanja pilota postoji protokol koji je bitno provesti kako bi se kasnije računskim postupkom mogla dokazati tražena otpornost pilota. Prije nego što počne pobijanje, na pilotu je potrebno napraviti oznake na svakih 25 cm kako bi se prilikom pobijanja mogla voditi evidencija o broju udaraca koji su potrebni da pilot uđe 25 cm u tlo. Kad je pobijanje pilota završeno, potrebno je napraviti zapisnik o pobijanju pilota koji se temelji na

prethodno navedenoj evidenciji i koji je baza za izračun otpornosti pilota i izradu zaključka o zadovoljavanju nosivosti. U nastavku je prikazan zapisnik o pobijanju pilota za pilot F2 na gradilištu STOP SHOP Krapina, na kojem se može vidjeti broj udaraca potrebnih za 25 cm zabijanja na određenoj dubini, a isto je i grafički prikazano.

Tip pilota: AB Ø 600 cm, L = 10,0 m
 Oznaka pilota: F2
 Datum zabijanja: 08.03.2024.
 Početak zabijanja: 9 : 13 Kraj zabijanja: 10 : 05

Dubina (m)	Visina pada čekića (cm)	Broj udaraca
0,00	0	0
0,25	0	0
0,50	0	4
0,75	0	4
1,00	0	4
1,25	0	5
1,50	25	4
1,75	25	4
2,00	25	5
2,25	25	4
2,50	25	5
2,75	25	5
3,00	25	6
3,25	25	7
3,50	25	8
3,75	25	8
4,00	35	7
4,25	35	5
4,50	35	4
4,75	35	5
5,00	35	7
5,25	35	9
5,50	35	10
5,75	35	14
6,00	50	12
6,25	50	9
6,50	50	8
6,75	50	8
7,00	50	7
7,25	50	5
7,50	50	5
7,75	50	5
8,00	75	4
8,25	75	5
8,50	75	6
8,75	75	5
9,00	75	5
9,25	75	7
9,50	75	7
9,75	75	7
10,00	75	7
10,25	75	8
10,50	75	8
10,75	75	8
11,00	75	8
11,25	75	10



Slika 14 Zapisnik o pobijanju pilota

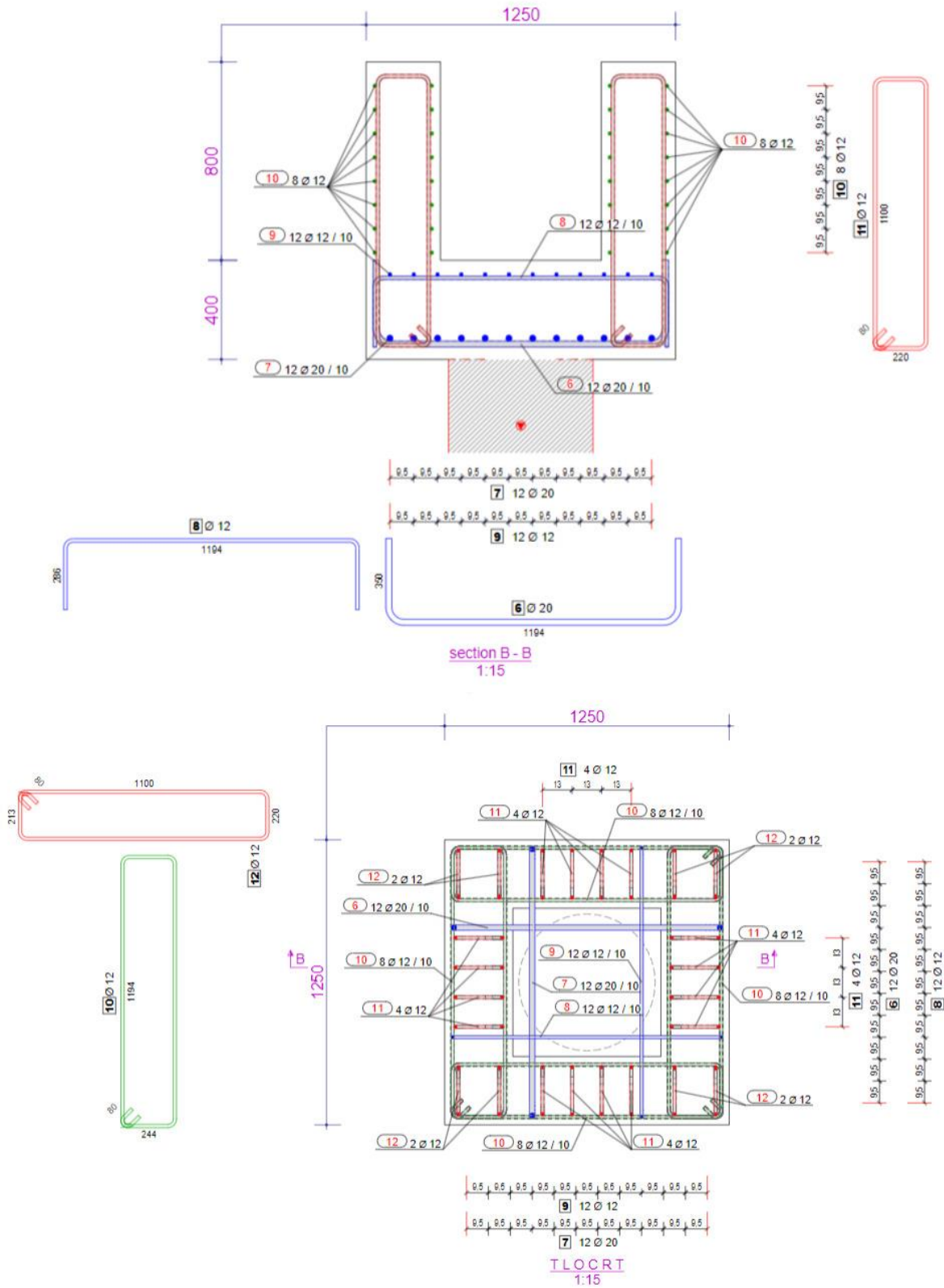
3.4.2 AB temeljna konstrukcija

Preostali dio temelja, a to su: temeljne stope, temeljne čašice i vezne grede izvodi se monolitno na gradilištu te se sastoji od oplata, armature i betona. U kontekstu oplata, armature i betona, svaki od ovih elemenata razlikuje se od ostalih na sebi svojstven način. U nastavku ćemo prikazati tehnologiju izvođenja ovih elemenata iz sva tri aspekta.

3.4.2.1 Temeljne AB stope i čašice

Kad je pilot u potpunosti završen, oko njega se izvodi široki iskop za stopu i čašicu bagerom točkašem CAT M318F. Budući da je temeljna stopa dimenzija 125x125 cm i visine $h=40$ cm, potrebno je iskopati jamu koja će biti dimenzija min. 225x225 cm. Navedeno je nužno kako bi radnici između samog elementa i ruba rova imali dovoljno mjesta za manevriranje i rad. Kada je iskop završen, u jamu se nasipava 5-6 cm kamenog agregata frakcije 0-63 mm kao podloga za podložni beton. Nakon što je podloga spremna može se krenuti sa betoniranjem podložnog betona debljine 8 cm klase betona C16/20. Podložni beton betonira se bez oplata i za njega nije potrebna armatura. Svrha podložnog betona jest da se osigura uredniji radni prostor i stabilnija podloga za armaturu i oplatu. Sljedeći korak je zacrtavanje pozicija temeljnih stopa pri čemu se koristi teodolit i nanosna skela.

Armatura temeljnih stopa i čašica kao i svih ostalih elemenata naručuje se prema specifikaciji i dolazi na gradilište izrezana i savijena po pozicijama, što znači da ju je potrebno samo postaviti i povezati. Armatura se dovozi kamionom s poluprikolicom i istovaruje na privremenu deponiju bagerom CAT M318F uz pomoć sajli koje su za to i predviđene. Neposredno prije početka postavljanja armatura se bagerom transportira i ispušta u blizini mjesta ugradnje. Važno je između podložnog betona i armature stope postaviti trakaste podmetače kako bi se postigao traženi zaštitni sloj betona od 25 mm. Armatura temeljne stope sastoji se od šipki $\varnothing 20$ koje čine donju zonu i $\varnothing 12$ koje čine gornju zonu, dok su sve tri pozicije vilica temeljne čašice predviđene od šipki $\varnothing 12$. Detaljan tlocrt i presjek armature temeljne čašice i stope prikazan je na slici 15.



Slika 15 Nacrt armature temeljne stope i čašice

Ukupno jedna temeljna stopa i čašica ima 290 kg armature. Vezivanje armature izvodi se ručno, a za to se koristi paljena žica. Postavljeni i povezani armaturni koš prikazan je na slici 13 u nastavku.

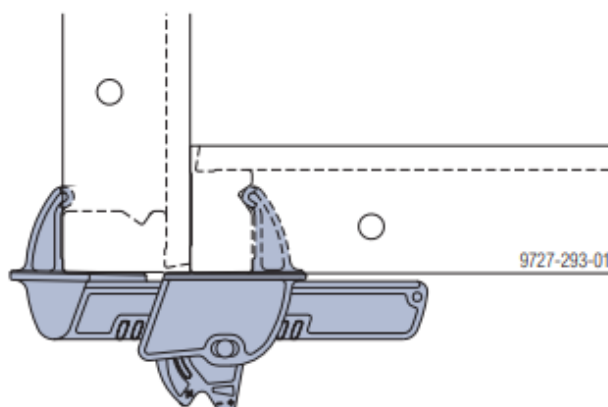


Slika 16 Armaturni koš stope i čašice

Armaturu stope i čašice moguće je postaviti i povezati u jednom taktu, ali montažu oplata i betoniranje nužno je provesti u dva takta: prvo stopa pa onda čašica. Teoretski oplatu bi čak i bilo moguće postaviti na način da se oba elementa fizički mogu betonirati u jednom taktu, međutim problem definitivno predstavlja kvaliteta izvedbe betona. Razlog leži u činjenici da bi beton temeljne stope bilo nemoguće vibrirati pa bi dolazilo do segregacije i takvi elementi zasigurno ne bi bili izvedeni sa traženom razinom kvalitete. Kao vanjska oplata za AB temeljnu stopu koristi se Doka Framax Xlife oplata. Važno je napomenuti da se ova oplata ne demontira,

već se koristi i za drugi takt, a to je betoniranje temeljne čašice. Framax Xlife je sustav okvirne metalne oplata, a za potrebe izvođenja oplata stope i čašice koristit će se elementi dimenzija 135x135 cm koji idealno odgovaraju stopama i čašicama ovih dimenzija, za svaku stranu dovoljan je jedan element. Za spajanje elemenata koriste se Framax univerzalni stezači, a detalj spajanja prikazan je na slici 17. Na jednom uglu postavljaju se dva stezača.

Kutni spoj kod temelja



Slika 17 Kutni spoj Framax oplata (Izvor: Doka, 2018)

Oplata se na gradilište dovozi iz pogona oplata glavnog izvođača kamionom sandučarom i istovaruje se na deponiju oplata kamionskom dizalicom. Na mjesto ugradnje prenosi se bagerom točkašem CAT M318F uz pomoć originalnih Framax hvataljki za premještanje. Elementi se spajaju izvan jame pa se tek onda pomoću bagera spuštaju na predviđenu, unaprijed iskolčenu poziciju i centriraju. Kada je oplata centrirana i spojena, temeljna stopa je spremna za betoniranje. Koristi se beton C25/30, razreda izloženosti XC2 s maksimalnim zrnima agregata veličine 32 mm. Beton se dovozi automiješalicom te se direktno iz nje pomoću ljevaka ugrađuje beton. Svaku temeljnu stopu potrebno je vibrirati kako ne bi došlo do segregacije i kako bi beton bio izveden s optimalnom razinom kvalitete. Visina betoniranja zadaje se pomoću laserskog nivelira na način da se na oplati sa svake strane označi visina do koje dolazi beton. Slika 18 u nastavku prikazuje izbetoniranu temeljnu stopu.



Slika 18 Izbetonirana temeljna stopa

Dan nakon betoniranja temeljne stope može se krenuti sa postavljanjem oplata za temeljnu čašicu. Oplata temeljne čašice napravljena je po mjeri u pogonu oplata izvođačke tvrtke i to kao konusna sa nogicama, a sve u svrhu lakšeg izvlačenja nakon betoniranja budući da će se oplata koristiti više puta. Oplatni umetci se na predviđeno mjesto ugrađuju uz pomoć bagera i lanaca. Kad su smješteni, potrebno ih je centrirati uz pomoć teodolita i nanosne skele, a potom fiksirati sa štaflama ili gredicama i Framax univerzalnim stezačima. Centriranje mora biti savršeno, u protivnom će nastati problemi prilikom montiranja nadzemne AB konstrukcije. Betoniranje se vrši na isti način kao i za temeljnu stopu, direktno iz miksera, a visina se također zadaje pomoću laserskog nivelira. Dan nakon betoniranja oplata unutarnja oplata temeljne čašice se bagerom i lancima izvlači iz čašice, a na vanjskom Framax oplati se otpuštaju stezači i ona se potom vadi van. Navedeno je prikazano na slikama 19 i 20.



Slika 19 Unutarnja oplata temeljne čašice



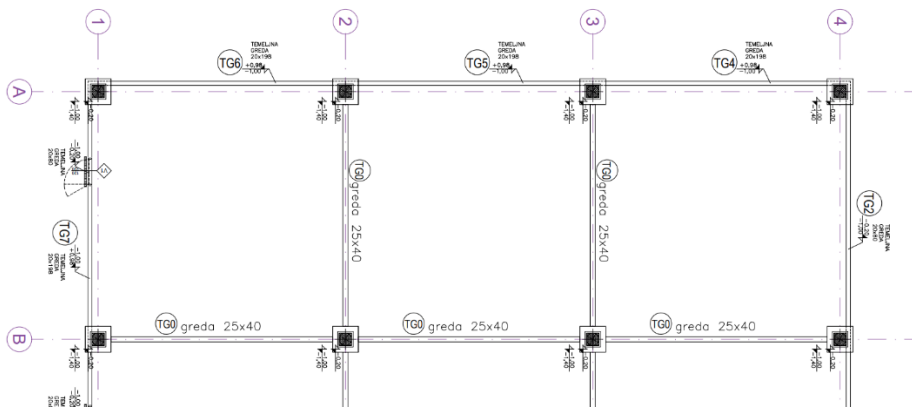
Slika 20 Izvlačenje unutarnje oplata temeljne čašice

3.4.2.2 Temeljne AB grede

Temeljne AB grede u statičkom smislu služe kao horizontalna ukruta cijelog temeljnog sustava.

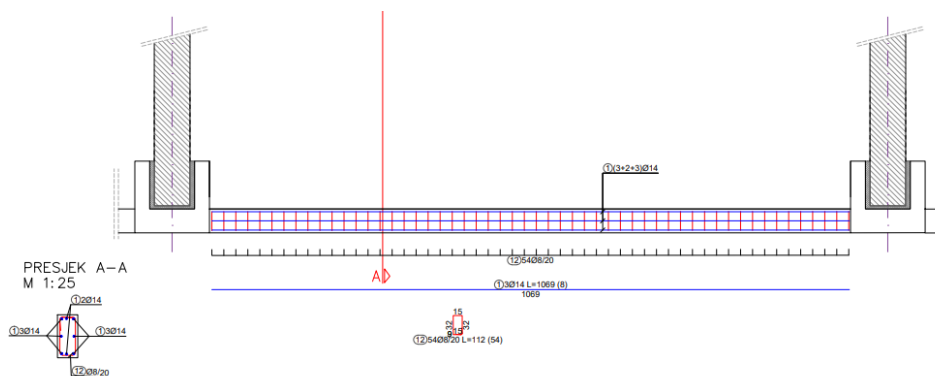
Temeljne grede dijele se na 3 vrste:

- Unutarnje vezne grede dimenzija 25x40 cm
- Obodne grede dimenzija 20x120 cm koje su nevidljive
- Obodne fasadne grede dimenzija 20x238 cm koje čine betonski sokl objekta



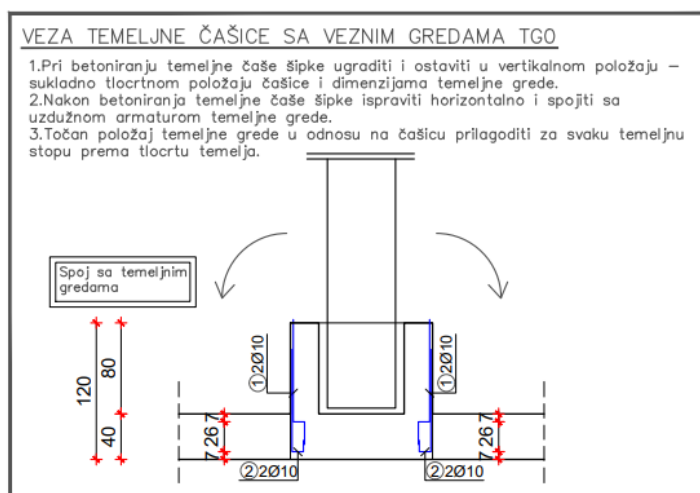
Slika 21 Shema temeljnih greda na početku dilatacije 1

Unutarnje vezne grede dimenzija 25x40 cm izvode se od relativne kote -1.40 do -1.00. Postoje dvije tehnologije koje se koriste za izvedbu ovih elemenata, a odabir ovisi od kvaliteti zatečenog tla na mjestu izvedbe. Armaturni koš se formira izvan rova, a sastoji se od šipki $\varnothing 12$ i vilica $\varnothing 8$. Nacrt armature prikazan je na slici 22.



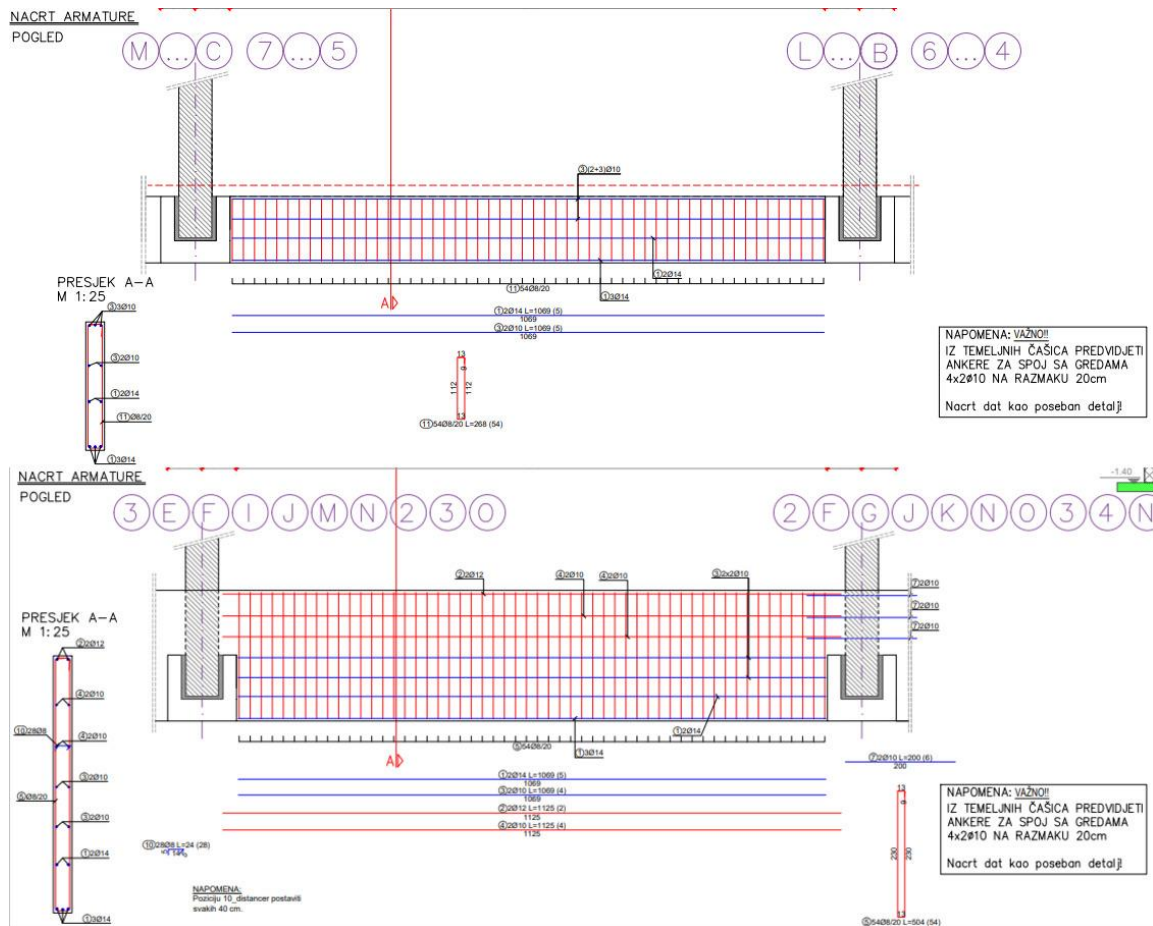
Slika 22 Plan armature temeljne vezne grede

Prvi korak je iskop rova prilikom kojeg se vidi kvaliteta tla. Ukoliko je tlo koherentno i ne dolazi do zarušavanja tijekom iskopa tada se radi bez oplata. Iskop se izvodi bagerom gusjeničarem Yanmar Vi 045 sa korpom širine 30 cm na kotu -1.40. Potom se u rov stavljaju trakasti podmetači koji osiguravaju zaštitni sloj betona i armaturni koš spušta se u rov pomoću bagera. Nakon toga potrebno je povezati armaturu stope i čašice sa temeljnom veznom gredom što se izvodi prema detalju koji je prikazan na slici 23. Kada su temeljna stopa i čašica povezane, sve je spremno za betoniranje. Beton koji se koristi je C25/30 sa maksimalnim zrnem od 16 mm. Beton se lijeva direktno iz miksera i potom vibrira. Ukoliko se prilikom iskupa tlo zarušava i ne pokazuje zadovoljavajuću razinu koherentnosti, tada je potrebno izvesti oplatu za temeljne vezne grede, a koja se u tom slučaju izvodi od jelovih fosni, koje se fiksiraju pomoću improviziranih ankera odnosno narezanih komada šipke $\varnothing 20$



Slika 23 Veza čašice i vezne grede

Obodne grede i obodne fasadne grede izvode se istom tehnologijom, jedina razlika je što su obodne fasadne grede dvostruko više od obodnih. Iskop se izvodi istim bagerom kao i za unutarnje vezne grede, na dubini cca 15 cm ispod donje kote grede -1.40. Kada je rov iskopan na zemlju se zasipava cca 7 cm kamenog agregata frakcije 0-100 mm koji služi kao podloga za podložni beton. On se izvodi od klase C16/20 u debljini od 8 cm dan nakon betoniranja spreman je za zacrtavanje i montažu oplata. Nacrt armature obodnih greda prikazan je na slici 24 u nastavku.



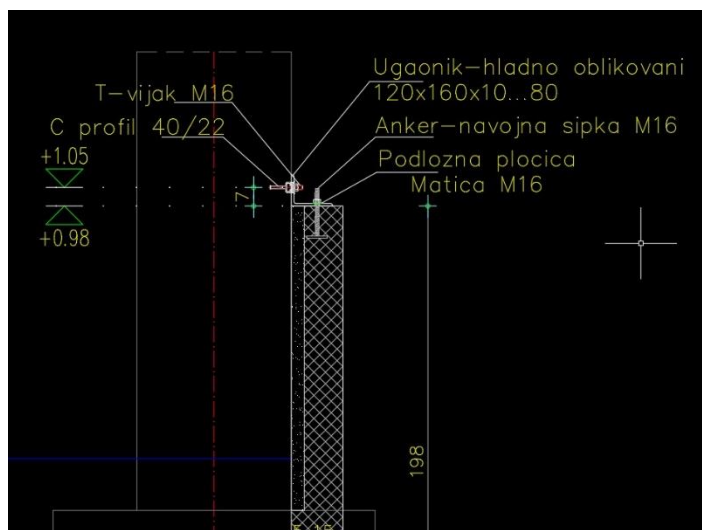
Slika 24 Plan armature obodne i obodne fasadne grede

Budući da su ovi elementi veći i djelomično vidljivi, oni zahtijevaju drugu tehnologiju pa se stoga oplata izvodi kao klasična drvena, a sastoji se od oplatnih špera, nosača graničnika, distancera, klinova i drvene građe. Drvena građa služi kao osnova konstrukcije na koju se zatim fiksiraju oplatne špere i na kraju povezuju distancerima i njihovim nosačima. Prilikom montaže oplata fasadnih greda bitno je pripaziti da razmak distancera bude unutar zadovoljavajućeg okvira kako kasnije prilikom betoniranja, zbog velikog pritiska betona na dno oplata, ne bi došlo do izbijanja oplata. Slika 25 prikazuje montažu oplata fasadnih greda.



Slika 25 Montaža oplata obodne fasadne grede

Na temeljnim fasadnim gredama potrebno je predvidjeti pozicije otvora za buduća vrata i pozicije prodora kroz koje će prolaziti vodovod i kanalizacija te elektroinstalacije. Otvori i prodori označavaju se uz pomoć nanosne skele, mjerne trake i laserskog nivelira. Armaturni koš, sastavljen od istih profila šipki kao što je slučaj i kod unutarnjih veznih greda, se također postavlja i veže izvan rova te se potom uz pomoć bagera spušta u rova i pozicionira na mjesto. Prije toga potrebno je staviti podmetače za osiguravanje zaštitnog sloja. Završni korak je zatvaranje oplata sa druge strane i greda je spremna za betoniranje. Koristi se beton C25/30, razreda izloženosti XC2, $D_{max}=32$ mm, a betonira se direktno iz miksera i uz pomoć vibratora. Oplatu je moguće demontirati 24 h nakon betoniranja. Bitno je napomenuti kako se većina fasadnih greda izvodi prije montažne konstrukcije pa nije moguće betonirati dijelove iza stupa, oni se betoniraju kada su stupovi montirani kako bi se ostvario spoj između grede i stupa. Zbog toga je u stupu potrebno predvidjeti utor u koji se kasnije stavlja ugaonik za navojnu šipku. Detalj je prikazan na slici 26.



Slika 26 Detalj spoja AB stupa i fasadne grede

3.4.3 Nadzemna AB montažna konstrukcija

Nadzemna konstrukcija ovog trgovačkog centra izvodi se kao AB montažna konstrukcija od predgotovljenih elemenata, a sastoji se od:

1. AB stupova kvadratnog presjeka 60x60 cm
2. Glavnih krovnih nosača pravokutnog presjeka 50x60 cm
3. Sekundarnih krovnih nosača T-presjeka ukupne visine $h=55$ cm

Prije kretanja na samu proizvodnju betonskih predgotovljenih elemenata važno je znati sljedeće:

- Svi ugrađeni materijali u sklopu montažnih elemenata moraju u potpunosti odgovarati normativima HRN-a navedenim za odgovarajuće. Isto uključuje agregat za beton, cement, vodu, dodatke betonu, beton, čelik za armiranje i prednaprezanje, smjesu za zaštitu kablova za prednaprezanje, dijelove instalacija u sklopu elementa, oblik i dimenzije elementa, izgled površine elementa, slojeve završne obrade, nosivost elemenata u raznim fazama izrade, prijenosa i korištenja, oplata i kalupe, razne dijelove za ugradbu.
- Proizvođač elemenata dužan je tijekom proizvodnje vršiti kontrolu kvalitete uporabljenih materijala, proizvodnje betona i osobina elementa, glede odgovarajućih normi.

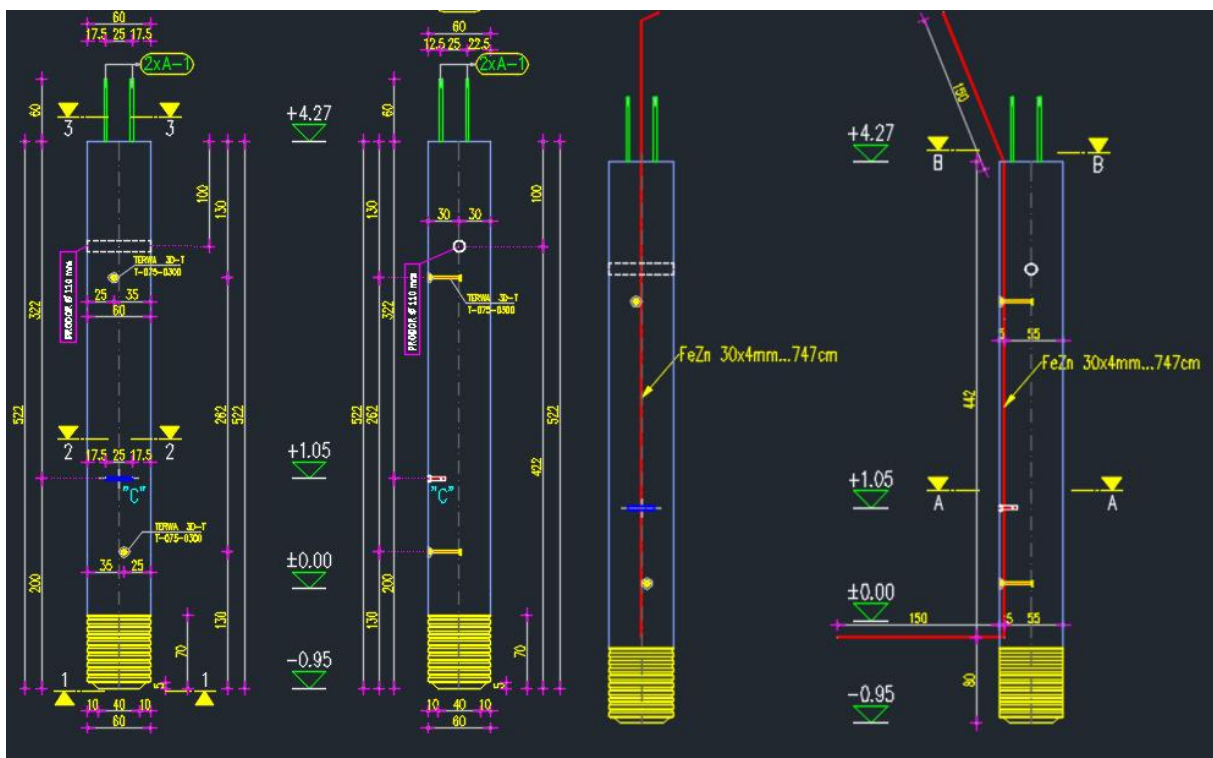
- Kvalitetu rabljenih i ugrađenih materijala izvođač treba dokazati certifikatima (atestima) izdanim od strane za to ovlaštenog poduzeća.
- Sve plohe elemenata moraju biti izvedene točno po zahtjevu projektanta tako da nikakva dodatna obrada nije potrebna.
- Dozvoljena odstupanja od ravnine su $< 3 \text{ mm/m1}$.
- Uzeti u obzir izradu prodora za instalacije prema zahtjevu projektanta.
- Nakon izrade, a prije ugradnje, montažni elementi moraju ostati na mjestu proizvodnje najmanje 14 dana.
- Izvođač je dužan prije proizvodnje izraditi radioničku dokumentaciju i uskladiti je sa svim strukama na gradilištu

3.4.3.1 Proizvodnja i transport

Ono što čini glavnu razliku između monolitne i montažne AB konstrukcije jest činjenica da su elementi izrađeni odnosno proizvedeni na mjestu različitom od mjesta konačne ugradnje elementa pa su tako i ovi elementi proizvedeni u tvornici u Bosni i Hercegovini i transportirani iz Gračanice u Krapinu, što znači da elementi putuju 330 km odnosno 4 sata od utovara na labudicu pa do dolaska na gradilište. Prije samog puštanja u proizvodnju bitno je da se elementi prilagode ne samo statičkim zahtjevima projekta, već i zahtjevima transporta te utovara i istovara i na samom kraju zahtjevima montaže. Tvrtka koja podizvodi radove AB montažne konstrukcije posjeduje pogon za izradu predgotovljenih elemenata. Proizvodnja se odvija u specijaliziranim halama koje sadrže betonaru, armiračnicu i sva ostala potrebna postrojenja i alate za izvedbu traženih elemenata te se na taj način omogućava proizvodnja u kontroliranim uvjetima. U većini slučajeva prilikom betoniranja ovakvih elemenata koriste se čelična oplata i kalupi. Tvrtka također ima i projektantski biro tako da je velikom većinom neovisna o vanjskim utjecajima i sposobna samostalno pripremiti i realizirati projekt.

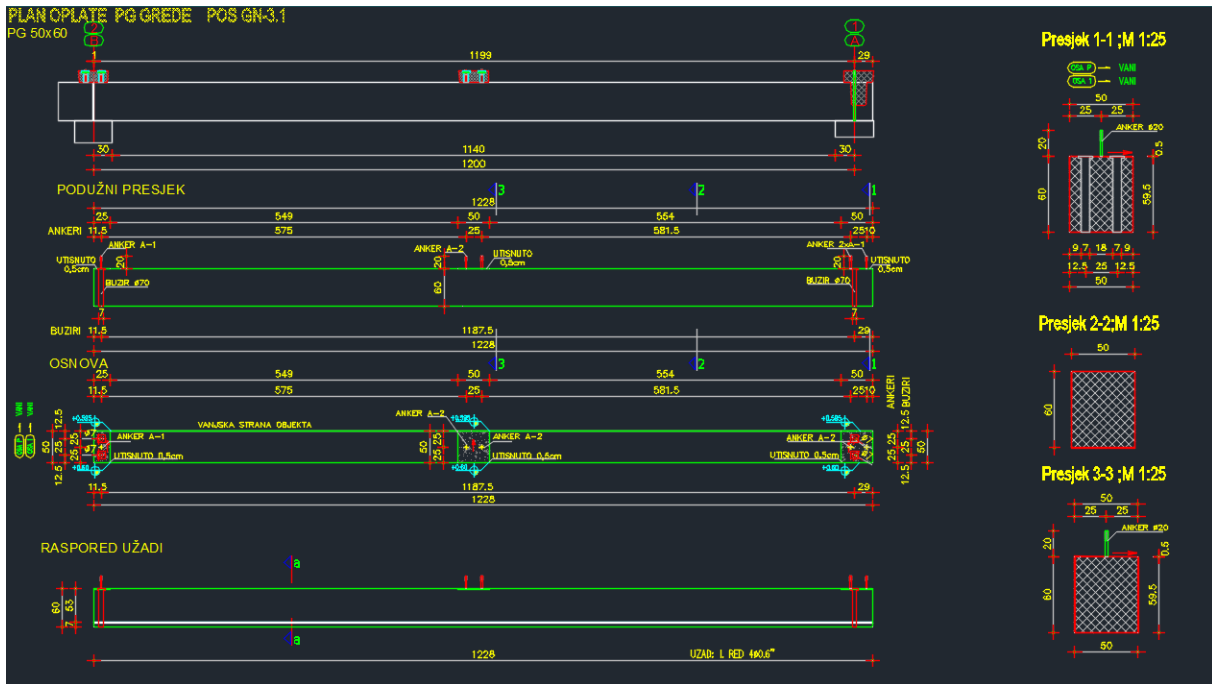
Stupovi se rade u glatkoj čeličnoj trostranoj oplati s ugrađenim kutnim lajsnama dimenzija $1.5 \times 1.5 \text{ cm}$. Dno stupa u visini cca 90cm je potrebno po površini profilirati u dubini 2cm i dužini 6cm u skladu sa projektom konstrukcije. U vrh stupova se ugrađuju po 4 trna od betonskog čelika (B500B) promjera 28mm koji omogućavaju spoj sa glavnim krovnim gredama, završno se trnovi rade sa navojem kako bi se nakon montaže mogli isti pričvrstiti sa podložnim

pločicama. Kao što je već navedeno u poglavlju 4.4.2.2. „Temeljne AB grede“ u stupovima je potrebno predvidjeti utor za spoj stupa i temeljne fasadne grede. U AB stupove potrebno je ugraditi gromobranske trake Fe/Zn 30x4 mm prema glavnom/izvedbenom projektu elektroinstalacija. Traka se ugrađuje u komadu bez nastavljanja, od nivoa gotovog poda (iznad vrha čašice) do vrha stupa. Prosječno se polaže cca 10 m po svakom stupu. U dnu i vrhu stupa potrebno je ostaviti po 2m trake izvan stupa za spoj sa uzemljivačem i hvataljkom na krovu. Sve navedeno prikazano je u radioničkom nacrtu AB stupa na slici 27.



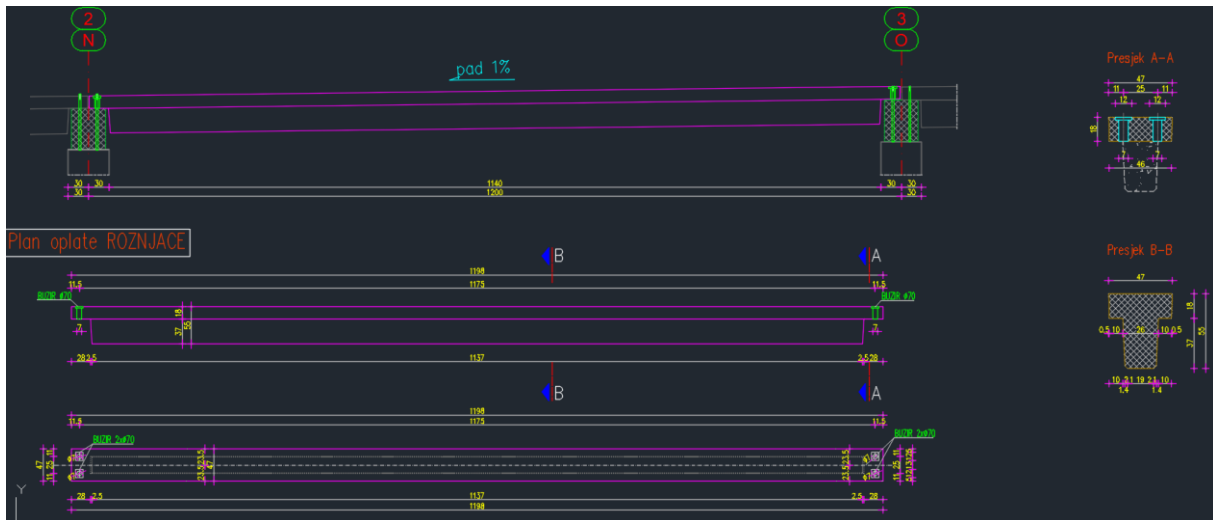
Slika 27 Radionički nacrt AB montažnog stupa

Krovni nosači također se rade u glatkoj čeličnoj oplati s ugrađenim kutnim lajsnama dimenzija 1.5x1.5cm. Sekundarci se oslanjaju na gredne nosače, a oni se oslanjaju direktno na stupove. Nosači su projektirani od betona klase C50/60, $D_{max.}=16mm$, XC1, armirani prema projektu konstrukcije s klasičnom armaturom kvalitete B500B i prednapetom armaturom Y1860MPa (užad 0.5", 0.6"). Kod proizvodnje AB glavnih krovnih nosača važno je da se na rubovima nosača ugrade po dvije rupe (ugrađuje se perforirana čelična cijev) kroz koje se vrši spajanje sa trnovima iz stupova (za prijenos horizontalne sile). U pojedine nosače se radi spajanja sa prepuštenim sekundarcima ugrađuju po 8 C-profila. Glavni krovni nosač prikazan je na slici 28.

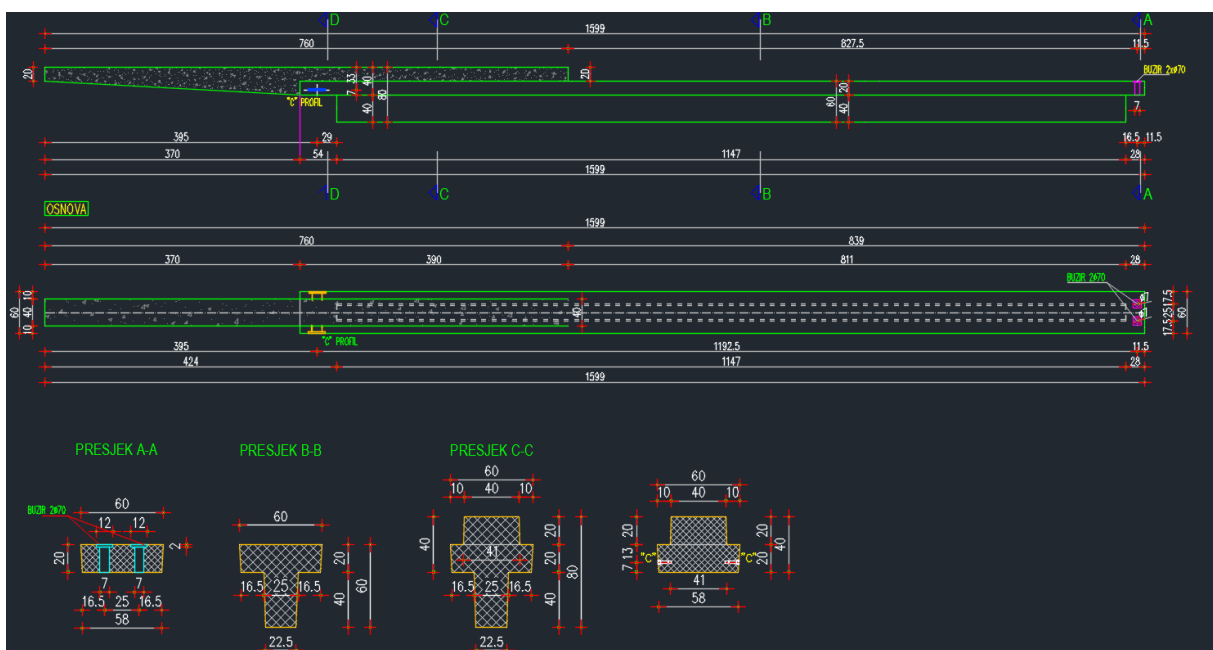


Slika 28 Radionički nacrt glavnog krovnog nosača

Što se tiče AB sekundarnih krovnih nosača potrebno je proizvesti dvije inačice. Prva su AB sekundarni nosači krova, poprečnog presjeka "T" su ukupne visine $h=55$ cm, širine gornjeg pojasa $b=47$ cm, visine gornjeg pojasa 18 cm sa donjim pojasom nosača širine u dnu 23 cm i pri vrhu 25 cm te visine 37 cm, s površinom poprečnog presjeka $P=0,171$ m². Druga inačica su konzolno prepušteni T nosači su ukupne visine $h=60$ cm, širine gornjeg pojasa $b=80$ cm, visine gornjeg pojasa 20 cm sa donjim pojasom nosača širine u dnu 22 cm i pri vrhu 26 cm te visine 40 cm s površinom poprečnog presjeka $P=0,253$ m². Prepušteni dio konzolnog nosača se izvodi u komadu sa T nosačem visine $h=60$ cm, pravokutnog je presjeka $b/h=60/20$ cm, dužine $L=8$ m (4 m konzola, 4 m unutar objekta u polju). Na rubovima sekundarnih nosača se ugrađuju po dvije rupe kroz koje se vrši spajanje sa trnovima iz greda (za prijenos horizontalne sile) osim u sekundarce koji se konzolno prepuštaju gdje se ugrađuju po 2 x C-profila preko kojih se nosač sidrenim vijcima spaja sa glavnim nosačem. Radionički nacrti navedenih nosača prikazani su na slikama 29 i 30.



Slika 29 Sekundarni krovni nosač



Slika 30 Sekundarni krovni nosač s prepustom

Jednom kada su elementi izbetonirani i izvađeni iz oplata, deponiraju se na za to predviđeno mjesto gdje sazrijevaju i po potrebi bivaju njegovani. U trenutku kada element dostigne traženu razinu zrelosti, on je spreman za transport na gradilište koji se vrši kamionima s poluprikolicom – labudicom. Glavni i sekundarni krovni nosači su duljine 12 metara pa ih je tako moguće voziti po 3 komada, a budući da su stupovi pola manji, njih je moguće voziti po 6 komada.

3.4.3.2 Montaža

Montaža AB konstrukcije vršit će se autodizalicom Liebherr LTM 1150. Dizalica je prikazana na slici 31. Glavne karakteristike ove dizalice su:

- snaga motora: 400 kW
- maksimalna nosivost: 150 t
- maksimalna dužina kрана: 66 m
- kut rotacije: 360°
- masa kuke: 500 kg



Slika 31 Autodizalica Liebherr LTM 1150

Prije dolaska na gradilište i pozicioniranje dizalice, potrebno je osigurati minimalnu zbijenost tla koja iznosi 50 MPa kako bi se dizalica mogla kretati po gradilištu i manevrirati bez propadanja. Po dolasku na gradilište, dio predgotovljenih elemenata montirat će se izravno iz transportnog sredstva, dok će se dio istovariti i privremeno odložiti na gradilištu dok ne dođe vrijeme za montažu. Radnu brigadu za montažu predgotovljenih betonskih elemenata čine jedan strojar koji radi na autodizalici i 3 radnika – montera. Tijekom montaže, a posebno montaže krovnih nosača, nužno je da su radnici opremljeni u skladu sa zaštitom na radu i da imaju sigurnosne pojaseve.

AB stupovi

AB montažni stupovi su, kao što je već navedeno, kvadratnog poprečnog presjeka 60x60 cm i visine $h=5,28 - 5,67$ m. Visina naravno ovisi o poziciji na kojoj se stup ugrađuje i samim time uvjetuje pad krovne plohe. Stupovi u svojoj gornjoj polovici imaju šuplinu kroz koju se stavlja metalna cijev koja se koristi prilikom istovara i montaže. Na dno temeljne AB čašice stavljaju se čelične pločice. One označavaju visinu na koju dolazi stup i kada su podešene zalijevaju se betonom. Na svakoj strani stupa potrebno je označiti simetralu, a na svakom zidu AB čašice potrebno je označiti geodetske osi objekta. Nakon toga se stup autodizalicom smješta u čašicu i između stupa i zidova čašice zabijaju se drvene kajle pomoću kojih se stup kasnije stavlja u vertikalni položaj. Kontrola vertikalnosti vrši se teodolitom. Kada se os na temeljnoj AB čašici i simetrala stupa sa svake strane poklapaju i kada je stup u vertikalnom položaju, on je spreman za monolitizaciju za AB čašicom. Pozicioniranje stupa mora biti izvedeno s maksimalnom mogućom preciznošću, jer položaj stupova kasnije uvjetuje i položaje glavni i sekundarnih krovnih nosača. Monolitizacija se izvodi zapunjavanjem međuprostora između čašice i stupa sitnozrnim betonom (maksimalno zrno agregata 8 mm), klase C35/45, razreda izloženosti XC1. Slika 32 u nastavku prikazuje montažu AB predgotovljenih stupova.



Slika 32 Montaža AB stupova

AB krovni nosači

AB glavni nosači krova oslanjaju se na AB stupove. Montaža nosača je puno jednostavnija od montaže stupova, međutim zahtjeva rad s mobilnom platformom. Glavni nosači imaju ugrađene metalne kuke koje su predviđene za potrebe istovara i transporta. Nosač se kači za dizalicu i transportira na mjesto ugradnje. Nosač se sa stupom spaja na način da šupljine dolaze na ankere stupa. Prije toga potrebno je na gornju bazu stupa staviti gumu koja će spriječiti izravni kontakt dva betonska elementa. Kada je nosač pozicioniran spojevi se monolitiziraju visokovrijednim mortom. Montaža AB sekundarnih nosača vrši se prema istom principu kao i kod AB glavnih krovnih nosača. Slika 33 prikazuje proces montaže glavnih krovnih nosača.



Slika 33 Montaža glavnih krovnih nosača

Nakon što je montaža AB sekundarnih nosača završena, potrebno je izrezati kuke za podizanje kako ne bi smetale prilikom montaže krovnog lima, zapuniti šupljine u stupovima reparaturnim mortom i na utore u stupovima postaviti ugaonike sa ankerom za spoj stupa i fasadne grede. U nastavku na slici 34 prikazana je završena nadzemna AB montažna konstrukcija.



Slika 34 Završena AB montažna konstrukcija

3.4.4 AB podna ploča

AB podna ploča objekta STOP SHOP Krapina izvodi se kao plivajuća ploča debljine $d=16$ cm. Koristi se beton C25/30, maksimalne veličine zrna $D_{max}=16$ mm s razredom izloženosti XC2. Pojam plivajuća ploča ukazuje na to da ploča nema spoj sa konstrukcijskim dijelovima te da se na njoj ne izvodi plivajući pod poput estriha, već ona sama predstavlja podlogu za završne slojeve poda. Upravo zbog toga se ploča ne armira na klasičan način u vidu čelične armature, već sa vlaknima. Ispod budućeg supermarketa koriste se čelična vlakna Dramix 3D 80/60 BG u količini od 10 kg/m^3 . Za ostali dio ploče koriste se polipropilenska vlakna u količini od 1 kg/m^3 . Podlogu za beton potrebno je pripremiti od nabijenog kamenog agregata, u debljini od 40 cm frakcije 0-100 mm, a zadnjih 10 cm od frakcije 0-32 mm. Zbijenost podloge prije betoniranja mora iznositi $MS \geq 60 \text{ MN/m}^2$.



Slika 35 Podloga pripremljena za AB ploču

Prije samog betoniranja ploče potrebno je postaviti termoizolaciju od XPS-a po rubovima objekta i izvesti kanalizacijske izvode te pripremiti PVC cijevi za buduće kabliranje

elektroinstalacija prema izvedbenim projektima. Oplata podne ploče je jednostrana i izvodi se na klasičan način od oplatnih špera koje se podupiru drvenom građom. U zoni oko stupova objekta, na temeljnim čašicama i slično ugrađuje se dodatna konstruktivna armatura prema pravilima armiranja podnih ploča, a kako to izgleda prikazano je na slici 37. Prije betoniranja također je potrebno stišljivom trakom odvojiti vertikalne površine kao što su stupovi i fasadne grede, a XPS-om horizontalne površine temeljnih greda od AB ploče kako se ne bi spriječio uzdužni rad podne ploče od skupljanja i kako bi se postigao plivajući efekt. Iz istog razloga neposredno pred betoniranje na podlogu se stavlja PE folija.



Slika 36 Armatura oko stupova

Ploča je ukupne površine 8500 m² te ju je potrebno betonirati u više taktova podjednake veličine (min. 6 polja). Na spojevima segmenata odnosno dva takta betoniranja podne ploče ugrađuju se trnovi Ø16, duljine l=500 mm, na razmaku od 30 cm. Trnove je potrebno ugraditi u sredini profila ploče tako da 1/2 trna ostaje u "starom" betonu , a 1/2 u "novom" betonu. Na

dio trna koji je u "novom" betonu se postavlja košuljica od PVC cijevi. Betoniranje se izvodi bez pumpe, direktno iz miksera. Kontrola visine vrši se pomoću laserskog nivelira, a ravnanje svježeg betona pomoću vibro letve. 3-4 sata nakon ugradnje, kada beton postigne površinsku tvrdoću i čvrstoću kreće se u obradu površine helikopterima. U periodu od 24-48 sati nakon betoniranja ploča se zarezuje u dubini 3 cm od površine kako bi se odvojile radne reške na rasteru od 6x6 m. U slučaju niskih temperatura ploču je potrebno pokrivati folijom, odnosno vlažiti u slučaju visokih temperatura. Period njegovanja trebao bi trajati 5 dana.

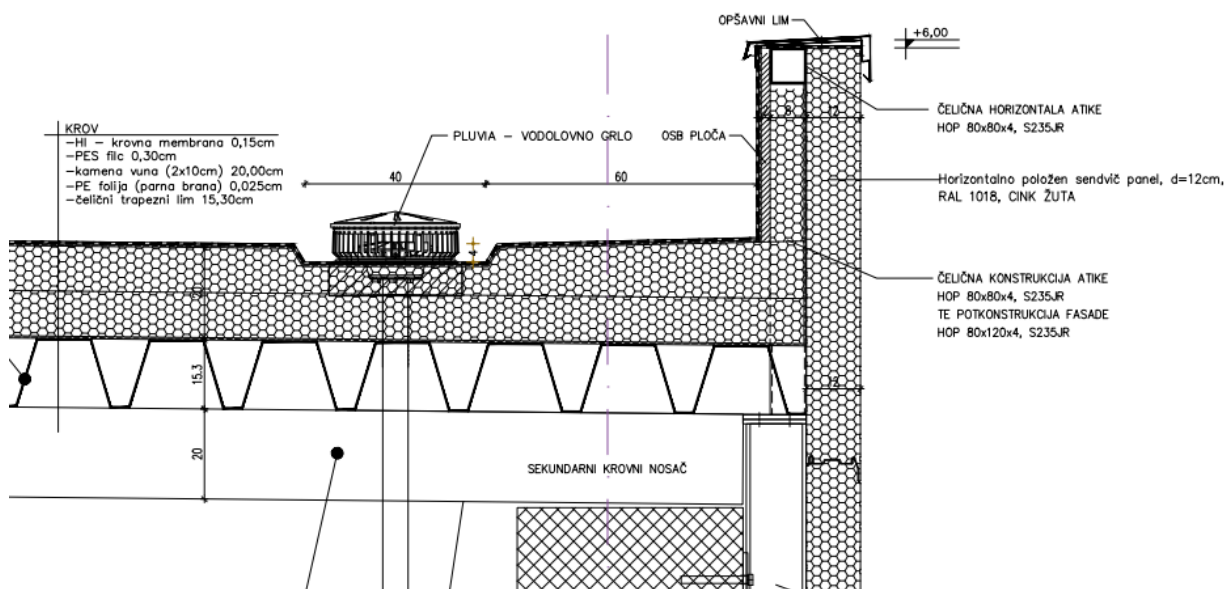


Slika 37 Podna ploča nakon završne obrade helikopterima.

3.4.5 Ravni krov objekta

Krov objekta STOP SHOP Krapina izvodi se kao ravni neprohodan u jednoj razini u blagom nagibu do cca 1% radi odvodnje krovnih voda, s instalacijskim uređajima smještenima iznad kote vijenca te uvučenima u odnosu na pročelje. Slojevi ravnog krova prikazani na slici 38 i redom su odozdo:

- Čelični trapezni lim S320GD debljine 0,75 mm
- PE folija kao parna brana
- Dva sloja kamene vune po 10 cm
- Hidroizolacijska PVC membrana debljine 1,8 mm



Slika 38 Detalj slojeva krova

Čelični trapezni lim mora biti antikorozivno zaštićena temelju poliesteru, boja RAL 9002. Trapezni lim se polaže dvopoljno preko sekundarnih krovnih AB nosača. Elementi krovnog lima dimenzija su 1200 x 87 cm, sa trapezima visine 153 mm i širine 290 mm. Lim se nakon proizvodnje na gradilište dovozi kamionom s poluprikolicom i istovaruje viljuškarom. Montaža se vrši toranjskom autodizalicom marke PMBK prikazanoj na slici 39 u nastavku.



Slika 39 Mobilna toranjska dizalica

Neke od karakteristika dizalice:

- Radna visina: 25 m
- Dohvat ruke: 40 m – 1700kg
- Maksimalna visina dizanja: 36 m
- Maksimalna nosivost: 7000 kg

Dizalicom se može upravljati iz kabine, ali i daljinskim upravljačem. Kako bi se mogao dizati, u čeličnom limu potrebno je zabušiti dvije rupe u koje se stavlja metalna kuka i pomoću koje se čelični lim podiže na krov i ispušta neposredno uz mjesto ugradnje. Spoj sa betonskom gredom izvodi se čavlima za beton JT2-2H x 4,8 mm na međusobnom razmaku od 50 cm. Prilikom postavljanja lim važno je da su radnici sa pojasevima zaštićeni od pada sa krova. Montirani čelični lim na krovu prikazan je na slici 40.



Slika 40 Montirani krovni čelični lim

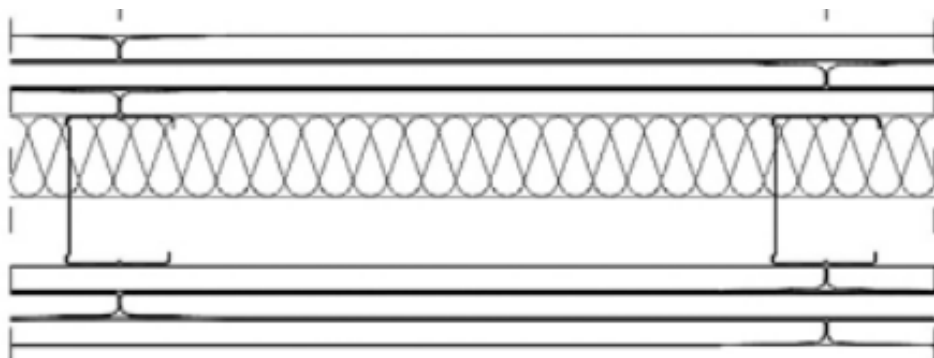
Nakon što je lim postavljen može se krenuti sa postavljanjem krovne termoizolacije i hidroizolacije. Kamena vuna, PE folija i PVC membrana se na gradilište dovoze kamionima s poluprikolicom te se odmah podižu na krov uz pomoć viljuškara.

Na lim se prvo postavlja parna brana. Koristi se polietilenska folija debljine 0,25 mm ojačana mrežicom u svrhu povećanja čvrstoće. Prednosti ovakvog materijala su velika vlačna čvrstoća i otpornost na direktan kontakt s bitumenom ili kamenom vunu. Izvodi se s preklopima od 50 cm koji se lijepe sa samoljepljivom trakom. Traka je otporna na UV zračenje, ali samo za kratak period pa ju je stoga po ugradnji potrebno čim prije zaštititi od izravne izloženosti sunčevom zračenju. Na parnu branu dolazi kamena vuna u dva sloja od 10 cm. Donji sloj karakterizira nešto manja tvrdoća i koeficijent toplinske provodljivosti od 0,036 W/(mK), dok je gornji sloj tvrdi i sa nešto lošijim koeficijentom toplinske provodljivosti od 0,038 W/(mK). Ove proizvode karakterizira negorivost, otpornost na visoke temperature, vodoodbojnost i kemijska inertnost. Kamena vuna se za lim pričvršćuje plastičnim pričvršnicama sa vijcima.

Po završetku postavljanja kamene vune, počinje se izvoditi hidroizolacija. Ona se izvodi od PVC membrane debljine 1,8 mm. Mehaničko pričvršćenje izvodi se nehrđajućim vijcima s širokom podložnom pločicom, u skladu s proračunom proizvođača hidroizolacije. Rubovi membrana se međusobno preklapaju i zavaruju vrućim zrakom temperature od 530°C kako bi se postigao potpuno homogen spoj. Na svojim završetcima membrana se vari na limove, a oko slivnika za krovnu odvodnju i sličnih prodora, postavljaju se tvornički proizvedeni prodorni komadi. Sve spojeve potrebno je izvesti na način da se osigura vodotijesnost membrane. PVC membranu krasi otpornost na probijanje i kidanje, odlične mehaničke karakteristike, fleksibilnost na niskim temperaturama, dugotrajnost i jednostavnost izvedbe. Na slici 35 prikazan je proces postavljanja PVC membrane.

3.4.6 Pregradni gipskartonski zidovi

Pregradni zidovi između lokala objekta STOP SHOP Krapina izvode se kao montažni gips kartonski. Traženi sustav je Knauf W113 koji se sastoji od metalne pocinčane potkonstrukcije u vidu CW/UW profila širine 10 cm, na koji dolaze gipskartonske standardne ploče debljine 12,5 mm u 3 sloja sa svake strane.



Slika 41 Presjek zida W113 (Izvor: Marković i dr, 2010)

UW profil pomoću metalnih pričvrsnica pričvršćuje se za pod i strop te vertikalne elemente. Prije montaže UW profila na profile se lijepi brtvena traka koja će spriječiti vibracije i prenošenje zvukova. Nakon toga u UW profile se umeću CW profili, međutim ne na

standardnom razmaku od 62,5 cm već na svakih 40 cm jer je srednja vrijednost visine zida = 5,30 m, što je dosta više od standardnih slučajeva. Nakon što je potkonstrukcija postavljena, može se krenuti sa postavljanjem ploča. Prilikom postavljanja ploča važno je pripaziti na detalj spojeva i svakako izbjegavati njihovo preklapanje. Ploče se postavljaju uz pomoć vijaka i električnih odvijača. Zid se smije zatvoriti samo sa jedne strane kako bi se sa druge omogućio prolazak raznih instalacija, a kada su instalacije izvedene u profile se umeće mineralna vuna debljine $d=5$ cm koja služi kao zvučna i toplinska izolacija. Spojevi prvog i drugog sloja ploča se samo zapunjavaju sa masom za zaglađivanje, dok se spojevi vanjskog sloja bandažiraju trakom namijenjenom za to. Nakon toga ploče se obrađuju u razini Q2 i na taj način pripremaju za bojanje.

4 USPOREDBA S ALTERNATIVNOM MONOLITNOM TEHNOLOGIJOM

Za potrebe usporedbe trajanja i koštanja monolitne i montažne gradnje potreban nam je zamišljeni monolitni model.

Monolitni model imao bi temeljnu konstrukciju sličnu kao što ima i STOP SHOP Krapina, posebice gledano iz troškovnog aspekta pa ćemo taj dio zanemariti i izuzeti iz ove usporedbe. Što se tiče podne ploče monolitni model imao bi klasičnu ploču debljine 20 cm na koju bi kasnije trebao doći plivajući pod u obliku estriha koja bi činila nosivu konstrukciju zgrade i zamijenila plivajuću ploču iz montažne izvedbe. Vertikalna konstrukcija sastojala bi se od nosivih AB zidova debljine 25 cm koji bi činili nosivu konstrukciju i pregrade između lokala. Stropnu konstrukciju činila bi AB ploča debljine 20 cm koja bi zamijenila čelični trapezni lim iz montažne izvedbe. Jasno je da ovakva alternativa za sobom povlači drugačije završne radove, međutim u tom segmentu razlika ne bi smjela biti takvog reda veličine da utječe na konačni rezultat. Važno je napomenuti kako će u narednim prikazima trajanja aktivnosti radno vrijeme biti 8 h/dan.

4.1 Podna ploča

Podna ploča monolitnog modela bila bi izvođena kao klasična ploča debljine 20 cm na koju bi kasnije dolazio plivajući pod u obliku estriha.

4.1.1 Podna ploča u montažnoj izvedbi konstrukcije

Podna ploča u montažnoj izvedbi opisana u prošlom poglavlju izvodi se kao plivajuća bez potrebe za dodatnom izradom estriha i sa puno manjom količinom klasične čelične armature nego što će to biti slučaj kod ploče u monolitnoj izvedbi. Ova ploča armira se polipropilenskim vlaknima, a čelična armatura postavlja se u zoni oko stupova objekta. Masa armature oko stupova za ploču na STOP SHOP-u u Krapini iznosila je 3078,06 kg. Aktivnost je izvodila radna grupa od 3 radnika te im je za izvršenje bilo potrebno ukupno 32 h odnosno 4 radna dana. To znači da je normativ radne grupe od 3 ljudi jednak:

$$\bullet \frac{32 \text{ h}}{3078,06 \text{ kg}} = 0,0134 \frac{\text{h}}{\text{kg}}$$

- Postavljanje i vezivanje armature → 3 ljudi → 32 h → 4 dana

Sljedeća je aktivnost izrada, montaža i demontaža oplata. Međutim ova aktivnost će i u jednoj i u drugoj varijanti imati gotovo zanemariv utjecaj na sam rezultat pa ćemo je izostaviti iz ove analize.

06.06. 2024. godine krenulo je betoniranje podne ploče na gradilištu u Krapini. Površina prvog takta iznosila je 2192 m². Betoniranje se izvodilo gotovim betonom dovezenim iz obližnje betonare, a beton se ugrađivao izlivanjem iz miksera. Sudjelovao je sljedeći broj radnika:

- Na betoniranju – 12 radnika po 42 h → $12 \text{ radnika} * 42 \text{ h} = 504 \text{ h}$
- Na ubacivanju vlakana – 2 radnika po 33 h → $2 \text{ radnika} * 33 \text{ h} = 66 \text{ h}$
- Na zaglađivanju površine – 3 radnika po 42 h → $3 \text{ radnika} * 42 \text{ h} = 126 \text{ h}$
- Na zarezivanju betona – 2 radnika po 24 h → $2 \text{ radnika} * 24 \text{ h} = 48 \text{ h}$
- Na razastiranju PE folije – 2 radnika po 10 h → $2 \text{ radnika} * 10 \text{ h} = 20 \text{ h}$

Ukupno gledajući aktivnost betoniranja podne ploče trajala je 42 h odnosno 5 radnih dana sa radom grupom koja se sastoji od 21 radnika za površinu od 2192 m². Ako podijelimo broj sati sa ukupnom površinom dobit ćemo normativ vremena radne grupe i zatim ga pomnožiti sa površinom cijele ploče kako bismo dobili ukupno trajanje:

- $\frac{42 \text{ h}}{2192 \text{ m}^2} = 0,01916 \text{ h/m}^2$.
- $8410 \text{ m}^2 * 0,01916 \frac{\text{h}}{\text{m}^2} = 161,14 \text{ h} \approx 20 \text{ radnih dana}$

4.1.2 Podna ploča u monolitnoj izvedbi konstrukcije

Što se tiče same podne ploče, izvodila bi se kao nosiva u dva smjera pa bi stoga bila armirana na klasičan način čeličnim šipkama i mrežama. Ploča objekta površine je 8410,00 m². Ako se izvodi u debljini od 20 cm to ukupno iznosi 1682,00 m³ betona. Prvo ćemo odrediti količinu i trajanje postavljanja armature a za to će nam pomoći iskustveni normativ iz tablice 3.

Tablica 3 Iskustvene količine armature za pojedine konstruktivne elemente (Izvor: Vukomanović i dr, 2018)

Element	Kg/m ³	Ø4-12 mm	Ø 14 i više
Temelji	50-60	80%	20%
Zidovi	60-80	Mreža ili Ø4-12 mm	
Stupovi	80-100	70%	30%
Grede	110-130	20%	80%
Ploče	100-120	40%	60%
		ili mreža	

Iskustvena preporuka kaže da na 1 m³ ploče dolazi 100-120 kg armature. U izračun ćemo ići sa srednjom vrijednošću od 110 kg/m³. Da bismo dobili točnu masu potrebne armature pomnožit ćemo ova dva faktora.

- $110,00 \frac{kg}{m^3} * 1682,00 m^3 = 185020,00 kg \text{ armature}$

Normativ radne grupe za postavljanje i vezivanje mrežaste armature iznosi 0,0210 h/kg (Vukomanović i dr., 2018). Ako bi ovu aktivnost odrađivalo 10 radnih grupa, to bi ukupno bio 21 radnik, a ukupni normativ bio bi:

- $\frac{0,0210 \frac{h}{kg}}{10 \text{ grupa}} = 0,0021 \frac{h}{kg} \text{ armature}$
- $0,0021 \frac{h}{kg} * 185020,00 kg = 388 h \approx 49 \text{ radnih dana}$

Iz izračuna je vidljivo kako bi 10 radnih grupa sa ukupno 21 radnikom ovu aktivnost odrađivalo 49 radnih dana

Betoniranje se bi izvodilo pumpom i vibriranjem pervibratorom. Već smo izračunali da bi ploča ukupno imala 1682,00 m³ betona. Normativ radne grupe za betoniranje i vibriranje armiranobetonske ploče debljine d = 20 cm gotovim betonom iznosi 0,3992 h/m² gotove ploče. Ako bi ovu aktivnost izvodilo 5 radnih grupa sa ukupno 16 radnika, tada bi ukupni normativ bio:

- $\frac{0,3992 \frac{h}{m^2}}{5 \text{ grupa}} = 0,07984 h/m^2$

- $0,07984 \frac{h}{m^2} * 8410,00 m^2 = 671,4 h \approx 84 \text{ radna dana}$

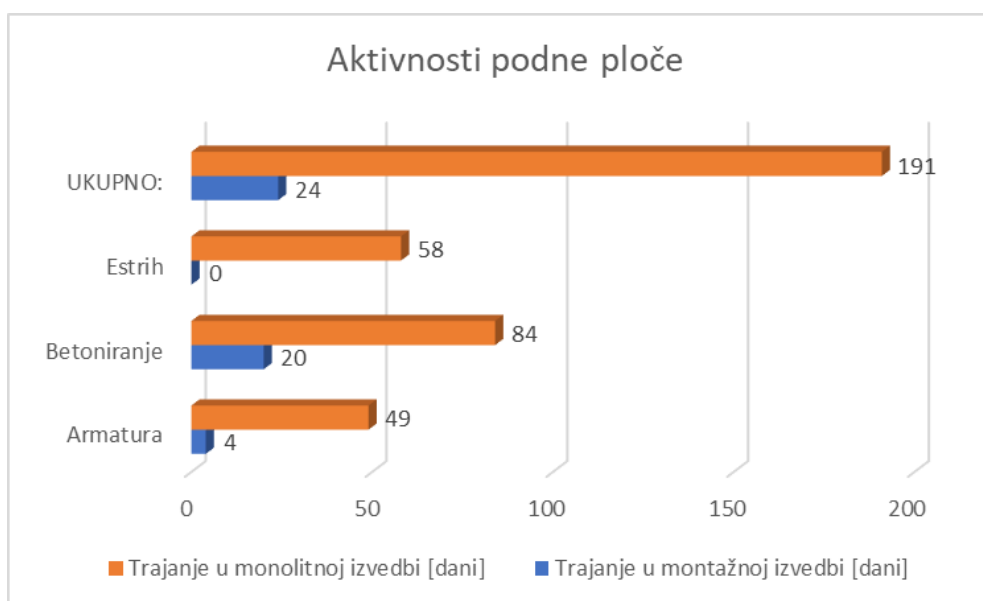
Iz proračuna je vidljivo da bi 5 radnih grupa sa ukupno 21 radnikom ovu aktivnost odrađivalo 84 dana.

Na podnu ploču nakon što je gotova, trebao bi doći plivajući pod. Debljina poda za potrebe izračuna iznositi će 8 cm. Normativ radne grupe za izradu estriha debljine $d=8$ cm iznosi $0,22 h/m^2$ ugrađenog estriha (Normativi, 1954). Ako bi ovu aktivnost izvodile 4 radne grupe sa ukupno 10 radnika tada bi ukupni normativ iznosio:

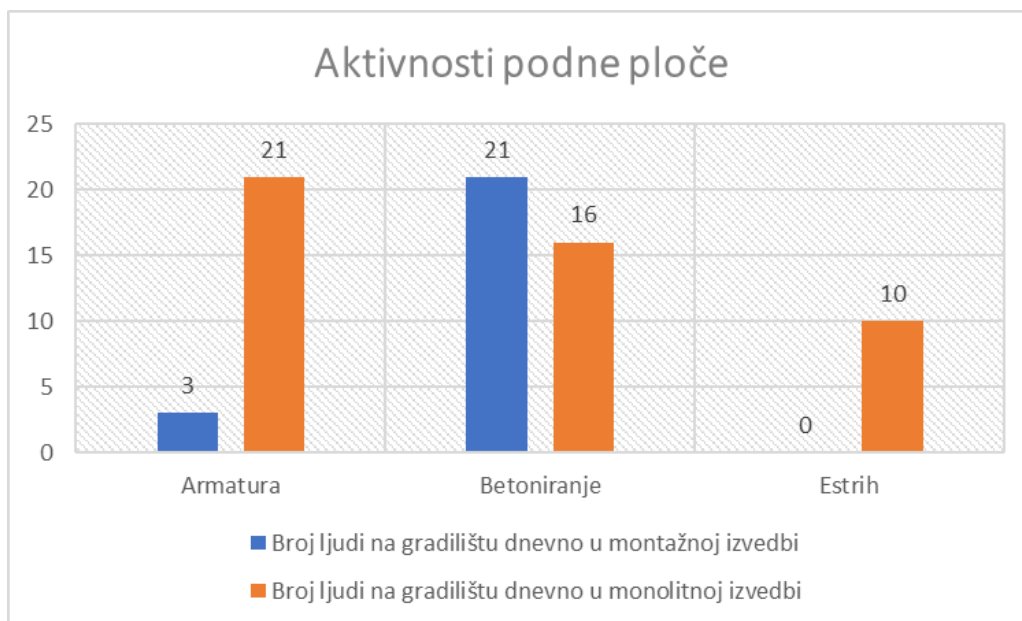
- $\frac{0,22 \frac{h}{m^2}}{5 \text{ grupa}} = 0,055 h/m^2$.
- $0,055 \frac{h}{m^2} * 8410,00 m^2 = 462,5 h \approx 58 \text{ radnih dana}$

4.1.3 Usporedba podne ploče u montažnoj i monolitnoj izvedbi konstrukcije

Na slici 42 prikazano je ukupno potrebno vrijeme za izvedbu podne ploče u monolitnoj i u montažnoj izvedbi centra i jasno je vidljivo da je za varijantu ploče iz montažne tehnologije potrebno puno manje vremena za građenje. Prema slici 43 vidljivo je da montažna izvedba zahtjeva puno manji broj ljudi na gradilištu za svaku aktivnost tijekom cijelog vremena njezinog izvođenja i materijala što je vidljivo prema količinama iz analize prethodnog poglavlja. Samim time ovi faktori na kraju će rezultirati i manjim troškovima.



Slika 42 Graf usporedbe trajanja aktivnosti podne ploče



Slika 43 Graf usporedbe broja radnika

4.2 Nadzemna konstrukcija

U ovom poglavlju nastojat ćemo usporediti nadzemnu konstrukciju u montažnoj izvedbi kao što je to bio slučaj kod STOP SHOP-a Krapina i nadzemnu konstrukciju kakva bi se izvodila u monolitnoj izvedbi. Iz montažne tehnologije u ovu usporedbu ući će 3 aktivnosti, a to su:

1. Montaža AB nadzemne konstrukcije
2. Montaža čeličnog trapeznog lima kao pokrova
3. Montaža GK pregradnih zidova

U monolitnoj izvedbi nadzemnu konstrukciju činila bi betonska jezgra koja bi se sastojala od AB nosivih zidova, vanjskih i unutarnjih.

4.2.1 Nadzemna konstrukcija u montažnoj izvedbi

Što se tiče nadzemne konstrukcije u montažnoj izvedbi trgovačkog centra ona se izvodi kao AB montažna i pokriva se čeličnim trapeznim limom. Trajanje izvođenja AB montažne konstrukcije mjereno je na gradilištu te uključuje istovar elemenata. Izvođenje AB montažne konstrukcije trajalo je:

- Radna grupa od 4 radnika na istovaru i montaži → $210 h \approx 27$ radnih dana

Što se tiče AB montažne konstrukcije tu ne smijemo zaboraviti na vrijeme koje je utrošeno prilikom proizvodnje elemenata i njihovog dovoza na gradilište. Međutim ta vremena u kontekstu trajanja gradnje nisu toliko važna zbog činjenice da je elemente moguće naručiti prije, tako da oni budu proizvedeni i dovezeni na gradilište do početka izvođenja radova pa na taj način to vrijeme ne ulazi u „trajanje građenja“.

Na AB montažnu konstrukciju dolazi čelični trapezni lim. Za izvođenje čeličnog trapeznog lima na krovu, na gradilištu se nalazilo 6 radnika:

- Radna grupa od 6 radnika na istovaru i montaži → $150 h \approx 19$ radnih dana

Pregradni zidovi izvode se kao gips kartonski montažni. Mjerenjem vremena trajanja radova na gradilištu dobiveni su sljedeći podaci za izvedenih $197,64 m^2$ pregradnog zida:

- 3 radne grupe od 3 radnika na montaži → $40 h \approx 5$ radnih dana
- $\frac{40 h}{197,64 m^2} = 0,2024 \frac{h}{m^2}$ zida

Objekt ukupno ima $2476,00 m^2$ zida.

- $2476,00 m^2 * 0,2024 \frac{h}{m^2} = 501,14 h \approx 63$ radna dana

4.2.2 Nadzemna konstrukcija u monolitnoj izvedbi

Nadzemna konstrukcija u monolitnoj izvedbi sastoji se od AB zidova te AB ploče

AB zidovi bili bi debljine 25 cm. Prvo ćemo napraviti izračun količina

- Vanjski AB zidovi $d=25$ cm → $P = O * h = 528 m * 5,30 m = 2798,4 m^2$
 $V = P * b = 2798,4 * 0,25 = 699,6 m^3$

Unutarnji pregradni GK zidovi zamijenit će se nosivim AB zidovima debljine $d=25$ cm, a prema troškovniku količina istih iznosi $2476,00 m^2$.

- Unutarnji AB zidovi $d=25$ cm → $2476,00 m^2$
 $V = P * b = 2476,00 * 0,25 = 619,00 m^3$

Ukupna količina AB zidova iznosi $1318,6 m^3$ u volumenu i $5274,4 m^2$ u površini. Prema tablici 3, u $1 m^3$ dolazi 70 kg armature, pa bi za zidove bilo potrebno $92302,00$ kg armature. Oplata bi se izvodila kao dvostrana pa je potrebno $5274,4 m^2$ oplata.

Normativ radne grupe za postavljanje i vezivanje mrežaste armature iznosi $0,0210 \text{ h/kg}$ (Vukomanović i dr., 2018). Ako bi ovu aktivnost odrađivalo 10 radnih grupa, to bi ukupno bio 21 radnik, a ukupni normativ bio bi:

- $\frac{0,0210 \frac{\text{h}}{\text{kg}}}{10 \text{ grupa}} = 0,0021 \frac{\text{h}}{\text{kg}} \text{ armature}$
- $0,0021 \frac{\text{h}}{\text{kg}} * 92302,00 \text{ kg} = 193,8 \text{ h} \approx 25 \text{ radnih dana}$

Oplata zidova bi se izvodila kao okvirna. Za montažu i demontažu oplata normativ radne grupe iznosi $0,40 \text{ h/m}^2$. Ako bi ovu aktivnost izvodile 4 radne grupe od ukupno 12 radnika, tada je ukupni normativ:

- $\frac{0,40 \frac{\text{h}}{\text{m}^2}}{4 \text{ grupe}} = 0,10 \frac{\text{h}}{\text{m}^2} \text{ oplata}$
- $5274,4 \text{ m}^2 * 0,10 \frac{\text{h}}{\text{m}^2} = 527,4 \text{ h} \approx 66 \text{ radnih dana}$

Za betoniranje zidova pumpom za beton normativ vremena radne grupe iznosi $0,71022 \text{ h/m}^3$ (Vukomanović i dr., 2018). Ako bi ovu aktivnost izvodile 4 radne grupe sa ukupno 9 radnika tada bi ukupni normativ iznosio:

- $\frac{0,71022 \frac{\text{h}}{\text{m}^3}}{4 \text{ grupe}} = 0,1776 \frac{\text{h}}{\text{m}^3} \text{ betona}$
- $1318,6 \text{ m}^3 * 0,1776 \frac{\text{h}}{\text{m}^3} = 234,2 \text{ h} \approx 30 \text{ radnih dana}$

U ovoj varijanti izvodila bi se i AB stropna ploča debljine 20 cm. Ploča objekta površine je $8410,00 \text{ m}^2$ pa bi stoga ukupni volumen iznosio $1682,00 \text{ m}^3$ betona. Ploča je identična kao i podna. Normativ radne grupe za postavljanje i vezivanje mrežaste armature iznosi $0,0210 \text{ h/kg}$ (Vukomanović i dr., 2018). Ako bi ovu aktivnost odrađivalo 10 radnih grupa, to bi ukupno bio 21 radnik, a ukupni normativ bio bi:

- $\frac{0,0210 \frac{\text{h}}{\text{kg}}}{10 \text{ grupa}} = 0,0021 \frac{\text{h}}{\text{kg}} \text{ armature}$
- $0,0021 \frac{\text{h}}{\text{kg}} * 185020,00 \text{ kg} = 388 \text{ h} \approx 49 \text{ radnih dana}$

Što se tiče oplata, ona bi se izvodila kao Skydeck ili sličan sustav. Normativ radne grupe za montažu i demontažu ovakve oplata na visini od 6m iznosi $0,37 \text{ h/m}^2$. Ako bi ovu aktivnost odrađivale 4 radne grupe sa ukupno 12 radnika tada bi ukupni normativ bio slijedeći:

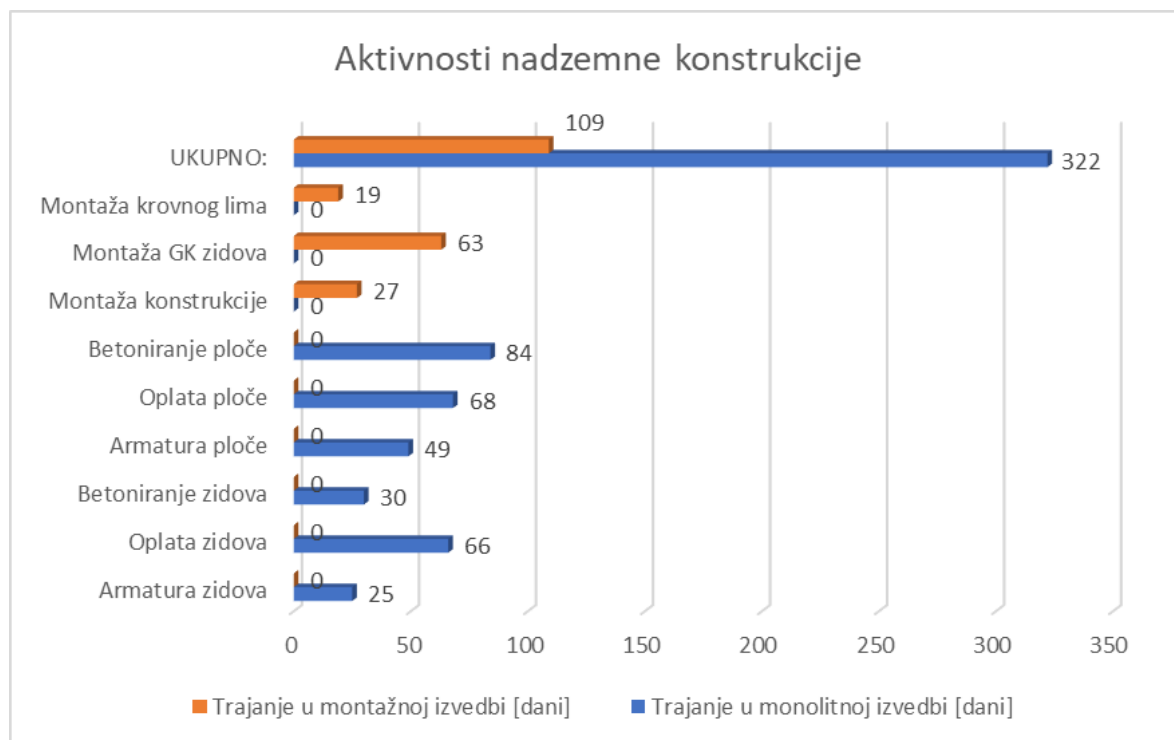
- $\frac{0,32 \frac{h}{m^2}}{5 \text{ grupa}} = 0,0640 \frac{h}{m^2} \text{ oplata}$
- $8410,00 \text{ m}^2 * 0,0640 \frac{h}{m^2} = 538,3 \text{ h} \approx 68 \text{ radnih dana}$

Betoniranje se bi izvodilo pomoću pumpe za beton i vibriranjem pomoću vibratora. Već smo izračunali da bi ploča ukupno imala 1682,00 m³ betona. Normativ radne grupe za betoniranje i vibriranje armiranobetonske ploče debljine d = 20 cm gotovim betonom iznosi 0,3992 h/m² gotove ploče. Ako bi ovu aktivnost izvodilo 5 radnih grupa sa ukupno 16 radnika, tada bi ukupni normativ bio:

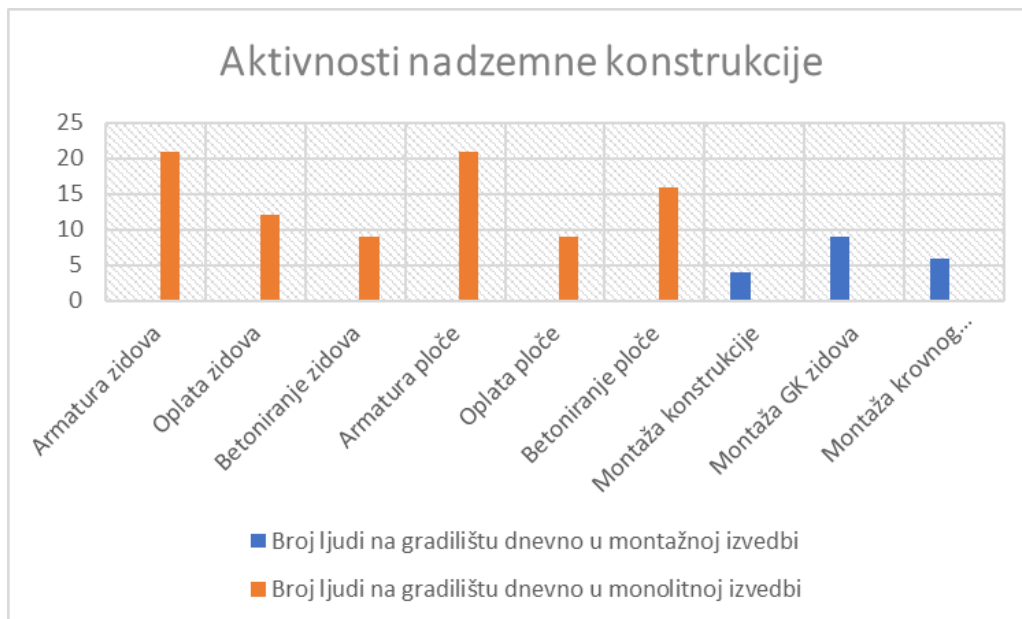
- $\frac{0,3992 \frac{h}{m^2}}{5 \text{ grupa}} = 0,07984 \frac{h}{m^2} \text{ ploče}$
- $0,07984 \frac{h}{m^2} * 8410,00 \text{ m}^2 = 671,4 \text{ h} \approx 84 \text{ radna dana}$

4.2.3 Usporedba nadzemne konstrukcije u montažnoj i monolitnoj izvedbi

Na slici prikazano je ukupno potrebno vrijeme za izvedbu nadzemne konstrukcije u monolitnoj i u montažnoj izvedbi centra. Rezultati su slični kao i za podnu ploču. Vidljivo je da za varijantu nadzemne konstrukcije iz montažne tehnologije potrebno puno manje vremena građenja.



Slika 44 Graf usporedbe trajanja aktivnosti nadzemne konstrukcije



Slika 45 Graf usporedbe broja radnika na aktivnostima nadzemne konstrukcije

5 ZAKLJUČAK

Različite tehnologije građenja trgovačkih centara nude razne prednosti i nedostatke ovisno o kontekstu iz kojeg se navedeno promatra. U ovom radu razmatrane su montažna i monolitna tehnologija gradnje s ciljem utvrđivanja, koja od njih pruža bolje rješenje za izgradnju trgovačkih centara. Na temelju pregleda dostupne literature i promišljanja, postavljena je hipoteza da montažna tehnologija ima više prednosti i manje nedostataka u odnosu na monolitnu gradnju. Pretpostavka se temeljila na nekoliko čimbenika, a to su: mehanička otpornost i stabilnost, trajanje gradnje, prilagodljivost prostora, troškovna efikasnost te održivost i zaštita okoliša. U skladu s hipotezom prikazan je tijek gradnje trgovačkog centra, građenog montažnom tehnologijom i na kraju provedena usporedba sa monolitnom tehnologijom.

Rezultati analize ukazuju na to da montažna gradnja nudi značajne prednosti u pogledu brzine izgradnje, fleksibilnosti dizajna interijera i smanjenih troškova rada. Montažni elementi mogu se proizvoditi za vrijeme trajanja pripremnih radova i neposredno pred montažu stići na gradilište što uvelike skraćuje trajanje građenja. Isto tako proizvode se u kontroliranim uvjetima pa se smanjuje utjecaj vremenskih prilika na gradnju i omogućava točnija i lakša kontrola kvalitete. Kod montažne gradnje na gradilištu je prisutan puno manji broj radnika što pozitivno utječe na indirektno troškove građenja. Manji broj ljudi na gradilištu rezultirat će značajnim smanjenjem rizika od ozljede na radu. Iz aspekta održivosti, montažna tehnologija se u blagoj mjeri može smatrati pogodnijom od monolitne zbog svoje ekonomične potrošnje materijala, optimiziranog korištenja resursa i lakše mogućnosti recikliranja korištenog ili otpadnog materijala.

Monolitna gradnja pokazuje prednosti u pogledu mehaničke otpornosti i dugovječnosti. Ova metoda gradnje izvodi se kontinuiranim lijevanjem betona, što rezultira snažnijom i otpornijom strukturom. Monolitni objekti su često manje podložni oštećenjima uzrokovanim seizmičkim aktivnostima te omogućavaju izvedbu konstrukcije sa većim brojem etaža.

STOP SHOP trgovački centri kao i većina ostalih svoje prihode stječu od najma kojeg plaćaju zakupci, stoga im kao investitoru najveći prioritet predstavlja trajanje građenja i prilagodljivost prostora. Kraće trajanje građenja za nekoliko mjeseci omogućava brže otvaranje centra i

prikupljanje najma za tih nekoliko mjeseci. S druge strane mogućnost prilagodbe prostora važna je u fazi građenja kada svi lokali još uvijek nisu zakupljeni i u trenucima odlaska starih i dolaska novih zakupaca. Prilagodljivošću prostora trgovački centri mogu udovoljiti zahtjevima trgovina s raznim asortimanom i na taj način ih privući u svoje lokale.

Na temelju svega navedenog, preporuka ovog rada je da izbor između montažne i monolitne gradnje treba biti donesen uzimajući u obzir specifične potrebe projekta te financijske i vremenske okvire. U velikoj većini slučajeva najveći prioritet su brzina izgradnje, troškovi i mogućnost prilagodbe prema kojima je montažna gradnja superiornija u odnosu na monolitnu.

POPIS LITERATURE

Begić, H., (2019), *Montažno građenje u kontekstu sadašnjosti i prošlosti*, Pregledni rad, Osijek, Građevinski i arhitektonski fakultet Osijek, Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku

Bjegović, D., Štirmer, N. (2015), *Teorija i tehnologija betona*, Zagreb, Građevinski fakultet Sveučilišta u Zagrebu

Desmond, J., (2024), 'The Ingalls building', *Double stone steel*, [Online], Dostupno: [The Ingalls Building in Cincinnati, Ohio. The first concrete skyscraper in the United States, it was designated a National Historic Civil Engineering Landmark in 1973. | Double Stone Steel](#), (Pristupljeno: 15. lipnja 2024.)

Doka (2018), Okvirna oplata Framax Xlife, *Doka*, [Online], Dostupno: direct.doka.com/ext/downloads/downloadcenter/999809317_2018_02_online.pdf, (Pristupljeno: 10. svibnja 2024.)

Govedić, Z., (2020), 'Ni tehnologija ni izvanzemaljci', *Dnevno.hr*, [Online], Dostupno: [Ni tehnologija ni izvanzemaljci: Novo otkriće odgovara na pitanje kako su se gradile piramide - Dnevno.hr](#), (Pristupljeno: 14. svibnja 2024.)

Jones, K., Rolfes, S. (2011), *Historic Downtown of Cincinnati*, Charleston, South Carolina, Arcadia publishing

Marković, F., Tome, M., Pernarčić, J., Fornazarič, R., Rozman, J. (2010), *Normativi, opisi i troškovnici za suhu gradnju*, Zagreb, Hrvatska obrtnička komora

Vukomanović, M., Kolarić, S., Radujković, M., (2018), *Priručnik organizacije građenja*, Zagreb, Građevinski fakultet Sveučilišta u Zagrebu

Wikipedia, (2024), 'Roland Park, Baltimore', *Wikipedia*, [Online], Dostupno: [Roland Park, Baltimore - Wikipedia](#), (Pristupljeno: 15. lipnja 2024.)

POPIS SLIKA

Slika 1 Ingalls building neboder (Izvor: Desmond, 2024)	3
Slika 2 Roland Park (izvor: Wikipedia, 2024)	4
Slika 3 Ilustracija gradnje piramida (Izvor: Govedić, 2020)	5
Slika 4 Vizualizacija objekta	13
Slika 5 Prikaz pozicije trgovačkog centra i prometnog priključka	14
Slika 6 Shema dilatacija na situacijskom nacrtu	15
Slika 7 Legenda sheme gradilišta	16
Slika 8 Shema gradilišta	17
Slika 9 Tlocrtna situacija pilota i AB temeljne konstrukcije	18
Slika 10 Nacrt AB pilota	19
Slika 11 Stroj za pobijanje Junttan PM20	20
Slika 12 Junttan PM20 neposredno pred početak pobijanja.....	21
Slika 13 Zatvorene matice u vrhu pilota i ugrađene i savijene spojne šipke	22
Slika 14 Zapisnik o pobijanju pilota	23
Slika 15 Nacrt armature temeljne stope i čašice	25
Slika 16 Armaturni koš stope i čašice	26
Slika 17 Kutni spoj Framax oplata (Izvor: Doka, 2018)	27
Slika 18 Izbetonirana temeljna stopa	28
Slika 19 Unutarnja oplata temeljne čašice	29
Slika 20 Izvlačenje unutarnje oplata temeljne čašice.....	29
Slika 21 Shema temeljnih greda na početku dilatacije 1.....	30
Slika 22 Plan armature temeljne vezne grede.....	30
Slika 23 Veza čašice i vezne grede	31
Slika 24 Plan armature obodne i obodne fasadne grede	32
Slika 25 Montaža oplata obodne fasadne grede	33
Slika 26 Detalj spoja AB stupa i fasadne grede.....	34
Slika 27 Radionički nacrt AB montažnog stupa	36
Slika 28 Radionički nacrt glavnog krovnog nosača	37
Slika 29 Sekundarni krovni nosač	38
Slika 30 Sekundarni krovni nosač s prepustom	38
Slika 31 Autodizalica Liebherr LTM 1150.....	39
Slika 32 Montaža AB stupova	41
Slika 33 Montaža glavnih krovnih nosača.....	42
Slika 34 Završena AB montažna konstrukcija	42
Slika 35 Podloga pripremljena za AB ploču	43
Slika 36 Armatura oko stupova.....	44
Slika 37 Podna ploča nakon završne obrade helikopterima.	45

Slika 38 Detalj slojeva krova	46
Slika 39 Mobilna toranjska dizalica.....	47
Slika 40 Montirani krovni čelični lim.....	48
Slika 41 Presjek zida W113 (Izvor: Markovič i dr, 2010)	49
Slika 42 Graf usporedbe trajanja aktivnosti podne ploče	54
Slika 43 Graf usporedbe broja radnika	55
Slika 44 Graf usporedbe trajanja aktivnosti nadzemne konstrukcije	58
Slika 45 Graf usporedbe broja radnika na aktivnostima nadzemne konstrukcije	59

POPIS TABLICA

Tablica 1 Prikaz procjene ukupnog iznosa najma	9
Tablica 2 Usporedba monolitne i montažne tehnologije građenja u kontekstu retail parkova	11
Tablica 3 Iskustvene količine armature za pojedine konstruktivne elemente (Izvor: Vukomanović i dr, 2018)	53