

Problematika izvođenja građevinskih radova u starogradskim jezgrama

Krstičević, Josip

Undergraduate thesis / Završni rad

2021

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

Permanent link / Trajna poveznica: <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:157:113896>

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

Download date / Datum preuzimanja: **2025-03-14**



image not found or type unknown

Repository / Repozitorij:

[Repository of the University of Rijeka, Faculty of Civil Engineering - FCERI Repository](#)



image not found or type unknown

SVEUČILIŠTE U RIJECI
GRAĐEVINSKI FAKULTET

Josip Krstičević

**PROBLEMATIKA IZVOĐENJA GRAĐEVINSKIH RADOVA U STAROGRADSKIM
JEZGRAMA**

Završni rad

Rijeka, 2021.

**SVEUČILIŠTE U RIJECI
GRAĐEVINSKI FAKULTET**

**Preddiplomski stručni studij
Organizacija građenja**

**Josip Krstičević
JMBAG: 0114031718**

**PROBLEMATIKA IZVOĐENJA GRAĐEVINSKIH RADOVA U STAROGRADSKIM
JEZGRAMA**

Rijeka, rujan 2021.

Naziv studija: **Preddiplomski stručni studij Građevinarstvo**

Znanstveno područje: Tehničke znanosti

Znanstveno polje: Građevinarstvo

Znanstvena grana: Organizacija i tehnologija građenja

Tema završnog rada

PROBLEMATIKA IZVOĐENJA GRAĐEVINSKIH RADOVA U STAROGRADSKIM JEZGRAMA

CHALLENGES OF CONSTRUCTION WOKS IN HISTORIC CENTERS

Kandidat: **JOSIP KRSTIČEVIĆ**

Kolegij: **ORGANIZACIJA GRAĐENJA**

Završni rad broj: **21-ST-10**

Zadatak:

Kandidat treba obraditi problematiku organiziranja i izvođenja radova u starogradskim jezgrama. Uz teorijsku analizu i pregled problematike potrebno je istu prikazati i na praktičnom primjeru. U tom smislu potrebno je proanalizirati literaturu kao i svu dostupnu projektnu dokumentaciju te napraviti prethodna istraživanja na lokaciji, utvrditi prostorna ograničenja, te oblikovati tehnološka rješenja s proračunom učinaka strojeva i proračunom trajanja radova. Kandidatu se prepušta slobodan izbor projekta, uz sugestiju izbora onih projekata koji su aktualni, imaju dostatnu i pristupačnu dokumentaciju te mjerljive učinke.

Tema rada je uručena: 24. veljače 2021.

Mentor:

doc. dr. sc. Ivan Marović,
dipl. ing. građ.

IZJAVA

Završni rad sam izradio samostalno, u suradnji s mentorom i uz poštivanje pozitivnih građevinskih propisa i znanstvenih dostignuća iz područja građevinarstva. Građevinski fakultet u Rijeci je nositelj prava intelektualnog vlasništva u odnosu na ovaj rad.



Josip Krstičević

U Rijeci, 17. rujna 2021.

Zahvala

Ovim putem se zahvaljujem svom mentoru doc.dr.sc. Ivan Marović dipl. ing. građ. na pomoći, strpljenu, podršci, pruženom vremenu i znanju pri izradi ovog završnog rada.

Zahvaljujem se tvrtki M.k. gradnja d.o.o koja mi je pružala mogućnost steći iskustvo na terenu radom na projektu rekonstrukcije trga i oborinske vode trga Lokvina grada Kastav.

Hvala svim profesorima i asistentima koji su mi kroz ove tri godine pružili sve potrebno znanje te kolegama koji su iskustvo studiranja učinili nezaboravnim.

SAŽETAK

U radu je opisana problematika izvođenja građevinskih radova u starogradskim jezgrama. Opisuje se utjecaj okoline na izvođenje radova, odabir mehanizacije i radne snage. Zatim se analizira lokacija, organizacija te samo izvođenje radova na primjeru jednog gradilišta. Cilj ovog rada je prikazati izvođenje radova iz perspektive izvođača radova, probleme na koje nailazimo, rješenje istih te uklanjanje problem kroz organizaciju gradnje. Gradilište koje se u ovom radu koristi kao polazišna točka za prikazivanje navedenih problema nalazi se na glavnom trgu Lokvina u gradu Kastav.

Ključne riječi: građevinski radovi, starogradska jezgra, odabir mehanizacije, gradilište

This paper deals with the description of the problem of performing construction works in the historic center. The influence of the environment on the execution of works, selection of mechanization and labor force. Then the location, organization and only the execution of works on the example of one construction site are analyzed. The aim of this paper is to present the execution of works from the perspective of the contractor, the problems encountered, their solution and the elimination of the problem through the organization of construction. The construction site used in this paper is located on the main square, Lokvina in the city of Kastav, and serves as a starting point for presenting the associated problems

Keywords: construction works, historic center, selection of machinery, construction site

Sadržaj

1. Uvod	4
1.1. Definiranje problema	5
1.2. Cilj rada	5
1.3. Struktura rada	5
2. Problematika izvođenja građevinskih radova u starogradskim jezgrama	6
2.1 Utjecaj okoline na izvođenje radova	6
2.1.1 Arheološki radovi	7
2.1.2 Uski prolazi i nepristupačnost gradilišta	7
2.2 Odabir tehnologije građenja	8
2.2.1 Odabir mehanizacije i radne snage	9
3. Izvođenje radova rekonstrukcije trga Lokvina na Kastvu	10
3.1 Analiza lokacije	10
3.1.1 Pristupni putevi	11
3.2 Organizacija građenja	14
3.2.1 Odabir mehanizacije u skladu s gradilištem	16
3.2.2 Mjerni učinci strojeva	19
3.3 Izvođenje radova rekonstrukcije trga Lokvina u gradu Kastvu	24
3.3.1 Pripremni radovi	24
3.3.2 Zemljani radovi	27
3.3.3 Monterski radovi	31
3.3.4 Betonski radovi	32
3.3.5 Završni radovi	34
4. Zaključak	36
5. Literatura	37

POPIS SLIKA:

Slika 1: Trg prije početka radova (Goran Moravček, 2017)

Slika 2: Primjer uskog prolaza i radnog stroja (fotografirao autor, 2021)

Slika 3: Poteškoće pri ugradnji stuba zbog težine/nedostatka opreme (fotografirao autor, 2021)

Slika 4: Primjer odabira odgovarajuće mehanizacije (fotografirao autor, 2021)

Slika 5: reljefni tlocrt grada Kastva (Google earth, 2021)

Slika 6: Topografski prikaz prilaznih puteva

Slika 7: Prolaz Takeuchia tb153fr kroz gradsku voltu (fotografirao autor, 2021)

Slika 8: Uski šumski prolaz za sva vozila (Klara Dolić, 2020)

Slika 9: Regulacija prometa u gradu (grad Kastav, 2021)

Slika 10: Bager Takeuchi tb216

Slika 11: Bager Takeuchi tb153fr

Slika 12: Kamion kiper MAZ 5550V3-520

Slika 13: Dimenzije kamiona kipera MAZ 5550V3-520

Slika 14: Damper Terex te 2h

Slika 15: Ruta privremeni deponij gradilišta – deponij (Google earth, 2021)

Slika 16: Potez gradilište – privremeni deponij (Google earth, 2021)

Slika 17: Rješenje privremene komunikacije gradilišta (Grad Kastav, 2021)

Slika 18: Odstranjivanje armirano betonske ploče iz perspektive strojara (fotografirao autor, 2021)

Slika 19: Rupa u cisterni (fotografirao autor, 2021)

Slika 20: Kameni kanal i ostale ne označene instalacije (fotografirao autor, 2021)

Slika 21: Ručno čišćenje pokrova cisterne (fotografirao autor, 2021)

Slika 22: Zaštita nalazišta geotekstilom (fotografirao autor, 2021)

Slika 23: Shema mogućnosti transporta svježeg betona (Mlinarić, 2017)

Slika 24: Betoniranje trga (fotografirao autor, 2021)

Slika 25: Trenutno stanje trga (Grad Kastav, 2021)

POPIS TABLICA:

Tablica 1: Koeficijent radnog prostora (Linarić, 2007)

Tablica 2: Dimenzije bagera Takeuchi tb216 (izradio autor)

Tablica 3: Dimenzije bagera Takeuchi tb153fr (izradio autor)

Tablica 4: Dimenzije dampera Terex te 2h (izradio autor)

1. Uvod

Na primjeru projekta „Rekonstrukcija trga i oborinske odvodnje trga Lokvina u Kastvu“ na kojem sam radio kao pomoćnik inženjera, predloženi su problemi i prepreke tijekom izvođenja grubih građevinskih radova.

Trg Lokvina je glavni trg grada Kastva na kojem su smješteni hotel i restoran, gradska uprava, crkva sv. Trojstva, privatni objekti te služi kao poveznica prema zapadnom dijelu grada. Kroz povijest na trgu je bila smještena lokva koja je služila za opskrbu vodom stanovništva koje je živjelo unutar zidina grada po čemu je i sam trg dobio ime. Budući da se Rimsko Carstvo protezalo područjem hrvatskog priobalja, za sobom je ostavilo velik utjecaj na starogradske jezgre.



Slika 1: Trg prije početka radova (Goran Moravček, 2017)

1.1 Definiranje problema

Pri izvođenju građevinskih radova u starogradskim jezgrama nailazi se na niz problema koji uvelike otežavaju izvođenje građevinskih radova. Na području priobalnog dijela Republike Hrvatske starogradske jezgre imaju jedinstvenu strukturu koja se može prepoznati po velikom centralnom trgu, uskim ulicama i prolazima kroz grad te jednim ulazom/izlazom za lakšu obranu od protivnika, stoga pri izvođenju građevinskih radova na takvom području mora se znatno obratiti pažnju na organiziranje izvođenja radova na gradilištu te objekte koji moraju nesmetano nastaviti obavljati funkcije na trgu. Također prilikom izvođenja iskopa na takvim lokalitetima mora se uzeti u obzir moguća pojava arheoloških nalazišta koja utječu na cijenu i rok izvedbe građevinskih radova.

1.2 Cilj rada

Istraživanje je fokusirano na prikazivanju mogućih problema pri izvođenju građevinskih radova u starogradskim jezgrama, odnosno analizom prostora i opažanjem okoline ukazati na te probleme. Na primjeru ovog završnog rada sagledat će se problemi iz perspektive izvođača radova putem analize lokacije, organizacije građenja i izvođenja radova na primjeru rekonstrukcije trga Lokvina u Kastvu. Cilj rada je usmjeriti pažnju na prepoznavanje problema te rješenja istih za buduće radove u sličnim ili istim situacijama.

1.3 Struktura rada

Tematika ovog rada je izvođenje građevinskih radova u starogradskim jezgrama i ukazivanje na probleme koji se mogu pojaviti pri izvođenju istih, stoga je podijeljen na dva dijela. U prvom dijelu rada opisan će se problemi s kojima se možemo susresti te njihov utjecaj na izvođene radova u starogradskim jezgrama. Sve problematike iz prvog dijela potkrijepit će se stvarnim primjerima s gradilišta u drugom dijelu. Na posljetku rada je diskusija odnosno zaključak.

2. Problematika izvođenja građevinskih radova u starogradskim jezgrama

Glavni je zadatak organizacije radnih procesa uskladiti rad (izvršitelje, materijal i opremu) u tehnološkom slijedu procesa kako bi se alocirani resursi iskoristili učinkovito, a zastoji i gubici minimalizirali (Radujković, 2015). Izvođenje radova na gradilištima bez ograničavajućih gabarita mnogo je lakše nego pri izvođenju radova s limitirajućim prostorom. U sljedećim primjerima navodi se što to sve utječe na organiziranje radnih procesa prilikom izvođenja građevinskih radova u starogradskim jezgrama koje su karakteristične po uskim prolazima, nepristupačnosti gradilištu i skućenim radnim uvjetima.

2.1 Utjecaj okoline na izvođenja radova

Zbog konfiguracije starogradskih jezgri mnogo parametara utječe na izvođenje građevinskih radova. U najvećoj mjeri to su utjecaji okoline poput uskih prolaza, nepristupačnosti gradilišta i moguća pojava arheoloških nalazišta.

Širina prostora u kojem izvodimo građevinske radove nerijetko diktira specifičan način izvođenja istih. Stoga pri proračunu praktičnog učinka stroja uzimamo u obzir koeficijent radnog prostora prikazan u tablici 1. „Koeficijent uvjeta rada odnosi se na slobodni i skućeni prostor. Ukoliko stroj obavlja rad u slobodnom prostoru tada je taj prostor pregledan i ne umanjuje se za nikakav koeficijent odnosno množi se s 1. Kada je prostor skućen i nepregledan tada se koristi koeficijent uvjeta rada koji je iskazan u sljedećoj tablici.“ (Grbić, 2021)

Tablica 1: koeficijent radnog prostora (Linarić, 2007)

<i>Koeficijent radnog prostora</i>	<i>k_{rp}</i>
<i>široki prostor, dobra preglednost</i>	<i>1</i>
<i>rad u usjeku ili zasijeku</i>	<i>0,90-0,95</i>
<i>rad u rovu</i>	<i>0,8</i>

2.1.1 Arheološki radovi

Pri izvođenju grubih građevinskih radova odnosno iskopa na lokacijama s bogatom prošlosti pravila struke propisuju arheološki nadzor radova. Arheolozi i konzervatori uvelike diktiraju brzinu izvođenja radova radi mogućnosti privremene obustave radova i prilagodbe načina izvođenja radova. Također dođe li do potrebe za arheološkim istraživanjima, istraživanja nadgledaju arheolozi dok iskope i čišćenja nalazišta izvode izvođači radova. Pri tome izvođač mora biti spreman izdvojiti veću količinu radnih sati ljudi i strojeva od očekivane. Prilikom nailaska na probleme pri izvođenju arheoloških radova komunikacija između arheologa, konzervatora i izvođača radova je ključna za što brže otklanjanje istih.

2.1.2 Uski prolazi i nepristupačnost gradilišta

Starogradske jezgre na području Republike Hrvatske kroz povijest imale su više različitih tlocrtnih utjecaja od čega se izdvajaju Rimska i Austrougarska arhitektura. Rimska arhitektura je u ovom slučaju mnogo zanimljivija po pitanju konfiguracije grada. Uski prolazi, gradska vrata, podzemne cisterne i sustavi podzemne odvodnje su ključni elementi koji utječu na odabir mehanizacije te način dopreme istih na gradilište. Jedan takav primjer prikazan je na slici 2. na kojoj se može vidjeti rad bagera na uskom prolazu. Nakon dopreme na gradilište susrećemo se s problemom skučenosti gradilišta. Zbog ograničavajućih gabarita strojevi gube na efikasnosti, stoga pri odabiru istih obraća se pažnja mogu li obavljati predviđeni posao bez ometanja okoline. Pritom treba voditi računa ne samo o neposrednoj lokaciji mjesta gdje se radovi izvode, već i na puteve, prolaze i ceste do tog mjesta rada.



Slika 2: Primjer uskog prolaza i radnog stroja (fotografirao autor, 2021)

2.2 Odabir tehnologije građenja

U starogradskim jezgrama zbog utjecaja okoline ponekad osnovne radne operacije nisu moguće. Pristup gradilištu kamionima je uglavnom nedostupan pa zbog toga se mora pronaći alternativno rješenje poput korištenja dampera na potezu gradilište – deponij ili u krajnje zahtjevnim slučajevima ručnu dobavu materijala. Prilikom betoniranja nailazi se na isti problem, mikseri i pumpe nerijetko ne mogu pristupiti gradilištu. Stoga pri davanju ponude treba obratiti posebnu pozornost mogu li se izvesti određeni radovi, odnosno isplatili se izvoditi iste radove. Pri izvođenju rekonstrukcija starogradskih jezgri nerijetko nailazimo na problem ugrađivanja i dobave predmeta velike zapreminske težine, pogotovo kamena. „Na gradilištu za transport gradiva dizalica je najvažniji stroj jer bez pravodobne dostave gradiva na mjesto rada nema odgovarajućeg učinka“

(Mlinarić, 2017), no zbog konfiguracije terena i gradilišta dizalice je gotovo nemoguće postaviti u starogradskim jezgrama dok pristup auto-dizalicama je teško moguć, stoga se mora obratiti posebna pozornost može li se strojevima koji imaju pristup gradilištu obaviti potrebni radovi.



Slika 3: Poteškoće pri ugradnji stuba zbog težine/nedostatka opreme (fotografirao autor, 2021)

2.2.1 Odabir mehanizacije i radne snage

Najbitniji korak u organizaciji jednog gradilišta ovog tipa je odabir adekvatne mehanizacije. Upravo kroz točku 2.1.2 opisuju se faktori koji limitiraju odabir strojeva za rad, odnosno mogu li se ti strojevi dopremiti na gradilište i mogu li se optimalno koristiti na istome. Kod odabira radne snage mora se znatno obratiti pozornost na mogućnost pojave arheoloških radova kod kojih je potrebna veća količina ljudskog rada. Odabir mehanizacije ne znači nužno dopremiti što veće strojeve i što više ljudi na gradilište, nego odabrati odgovarajuće strojeve i broj ljudi za obavljanje radova. Strojevi nerijetko veličinom ne odgovaraju tipu gradilišta, odnosno ne budu dovoljno efikasni zbog otežanog kretanja i nemogućnosti pristupa cijelom gradilištu. Odabirom velikog broja strojeva smanjujemo broj ljudskog rada što je na ovakvom tipu gradilišta rijedak slučaj,

uglavnom zbog nabrojanih problema dopreme odabiremo mali broj to jest manje strojeve kojima treba duže vrijeme za izvođenje predviđenih radova, pa se povećava količina ljudske radne snage.

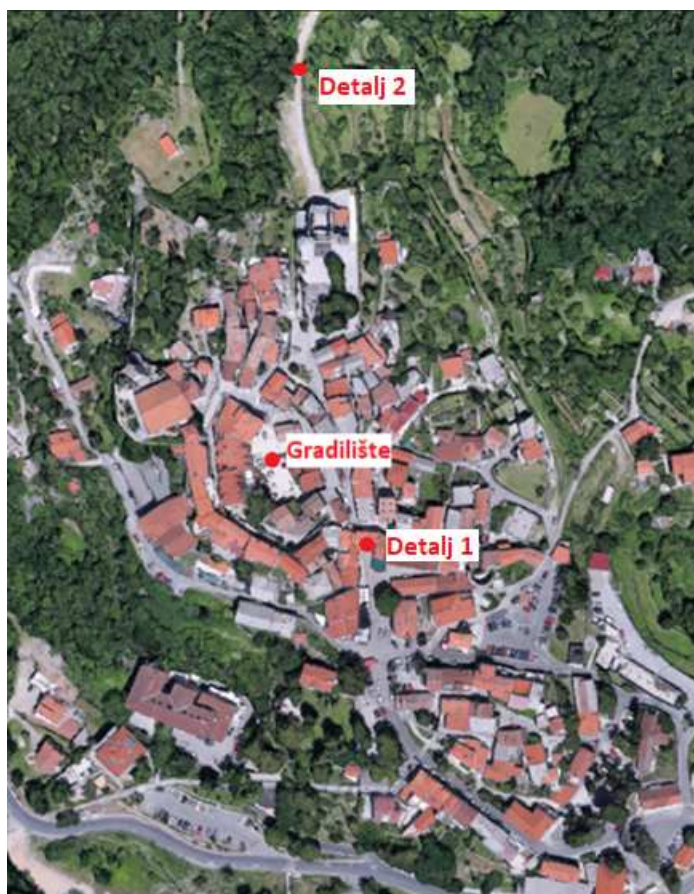


Slika 4: Primjer odabira odgovarajuće mehanizacije (fotografirao autor, 2021)

3. Izvođenje radova rekonstrukcije trga Lokvina na Kastvu

3.1 Analiza lokacije

Gradilište se nalazi na glavnom trgu grada Kastva. Trgu se može pristupiti s četiri ulaza, tri pješačka ulaza (stubište), te jedan glavni ulaz pored crkve sv. Trojstva. Objekti koji se nalaze na trgu su nam od velikog značaja jer kroz cijelo vrijeme trajanja radova morala je biti omogućena komunikacija do hotela, gradske vijećnice te privatnih objekata. Na trgu se također nalazi povijesna cisterna koja je jedno od obilježja grada Kastva.



Slika 5: Reljefni tlocrt grada Kastva (Google earth, 2021)

3.1.1 Pristupni putevi

Ulice u starogradskim jezgrama najčešće su prohodne (otvorene) samo za pješački promet, no to nije slučaj na Kastvu. Gradu Kastvu se može pristupiti s dva ulaza koji su veoma ograničeni. Na slici 6. prikazan je topografski prikaz prilaznih puteva do stare jezgre, sa sjeverne strane je omogućen dvosmjerni promet kastavskom šumom dok s južne strane jednosmjerni promet s uzbrdicom od 12°.



Slika 7: Prolaz Takeuchia tb153fr kroz gradsku voltu (fotografirao autor, 2021)

Drugi ulaz u grad je prikazan na slici 8. detalj 2, omogućen je kroz šumski pristup koji je podosta limitiran svojom širinom i visinom, zbog niskih krošnji stabala koje su najviše problema zadavale prilikom dopreme bagera. Nakon šumskog prolaza dolazi se do starog trga Crekvine na kojem se nalazi stara crkva. Širina prolaza iza crkve iznosi 2.50 metra s kutom skretanja od 90° gdje se odmah nailazi na problem prolaza većih vozila.

Prilikom prolaska šumom vodilo se računa o tome kako kamion ne bi zapeo u mekanj podlozi i samim time uništio put koji upotrebljava lokalno stanovništvo. S toga iako teorijski gledano veoma pristupačan grad postaje noćna mora za dopremu mehanizacije.



Slika 8: Uski šumski prolaz za sva vozila (Klara Dolić, 2020)

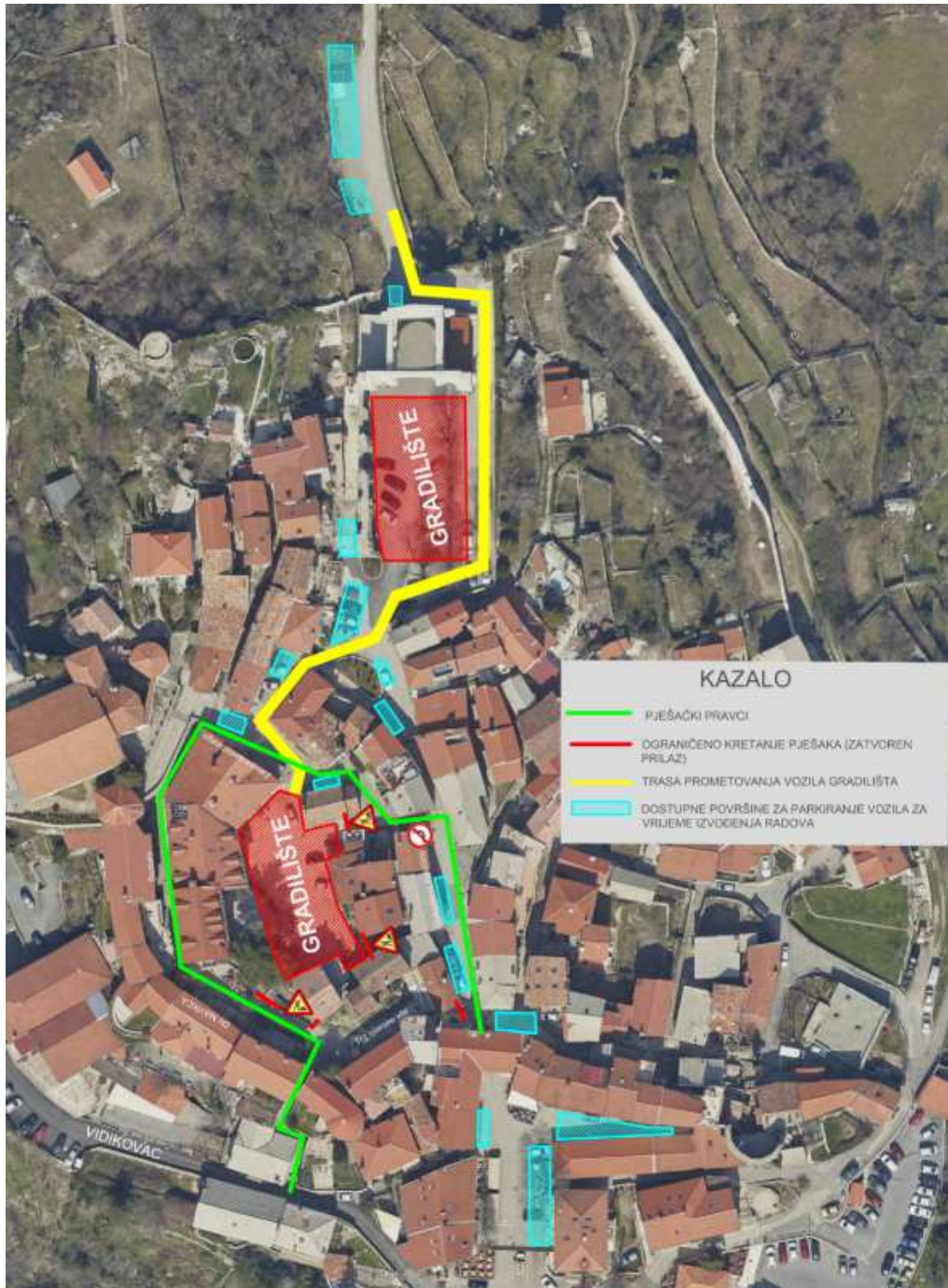
3.2 Organizacija gradilišta

„Zadatak je organizacije radnih procesa minimalizirati zastoje i gubitke u danim okolnostima. To je 'sveta' dužnost organizacije koja se neprekinuto provodi tijekom ukupnog vremena građenja.“ (Radujković, 2015).

Izvođenje radova na gradilištu Lokvine u Kastvu je organizirano u fazama na sljedeći način:

1. Faza – Uklanjanje postojeće armirano betonske ploče
2. Faza – Iskop potrebne dubine za ostvarivanje mehanički ispravnog tla na trgu
3. Faza – Iskop kanala oborinske i fekalne kanalizacije te opskrbe vodom
4. Faza – Postavljanje bypass-a za trenutnu opskrbu vodom stanovništva i hotela
5. Faza – Postavljanje oborinske i fekalne kanalizacije, te opskrbe vodom i spajanje navedenih na postojeću infrastrukturu
6. Faza – Zatrpavanje svih kanala
7. Faza – Betoniranje cjelokupne površine trga
8. Faza – Popločenje i završni radovi na trgu

Za vrijeme izvođenja radova grad Kastav u suradnji s izvođačima izdaje privremenu regulaciju pješačkog i automobilskog prometa. Istovremeno se izvode radovi na još jednom gradilištu koje ne utječe na izvođenje radova na Lokvini.



Slika 9: Regulacija prometa u gradu (grad Kastav, 2021)

3.2.1 Odabir mehanizacije u skladu s gradilištem

Za potrebe utovara i istovara u damper te kod izvođenja iskopa u skućenim prostorima koristio se bager Takeuchi tb216. Radi svoje težine od 1,6 tona i širine od 1,3 metra sa širom lopate od 30 cm bio je siguran za izvođenje gore navedenih radova i radova u neposrednoj okolici cisterne.

Tablica 2: Dimenzije bagera Takeuchi tb216 (izradio autor)

<i>duljina</i>	<i>3870 mm</i>
<i>visina</i>	<i>2360 mm</i>
<i>širina</i>	<i>1300 mm</i>
<i>težina</i>	<i>1680 kg</i>

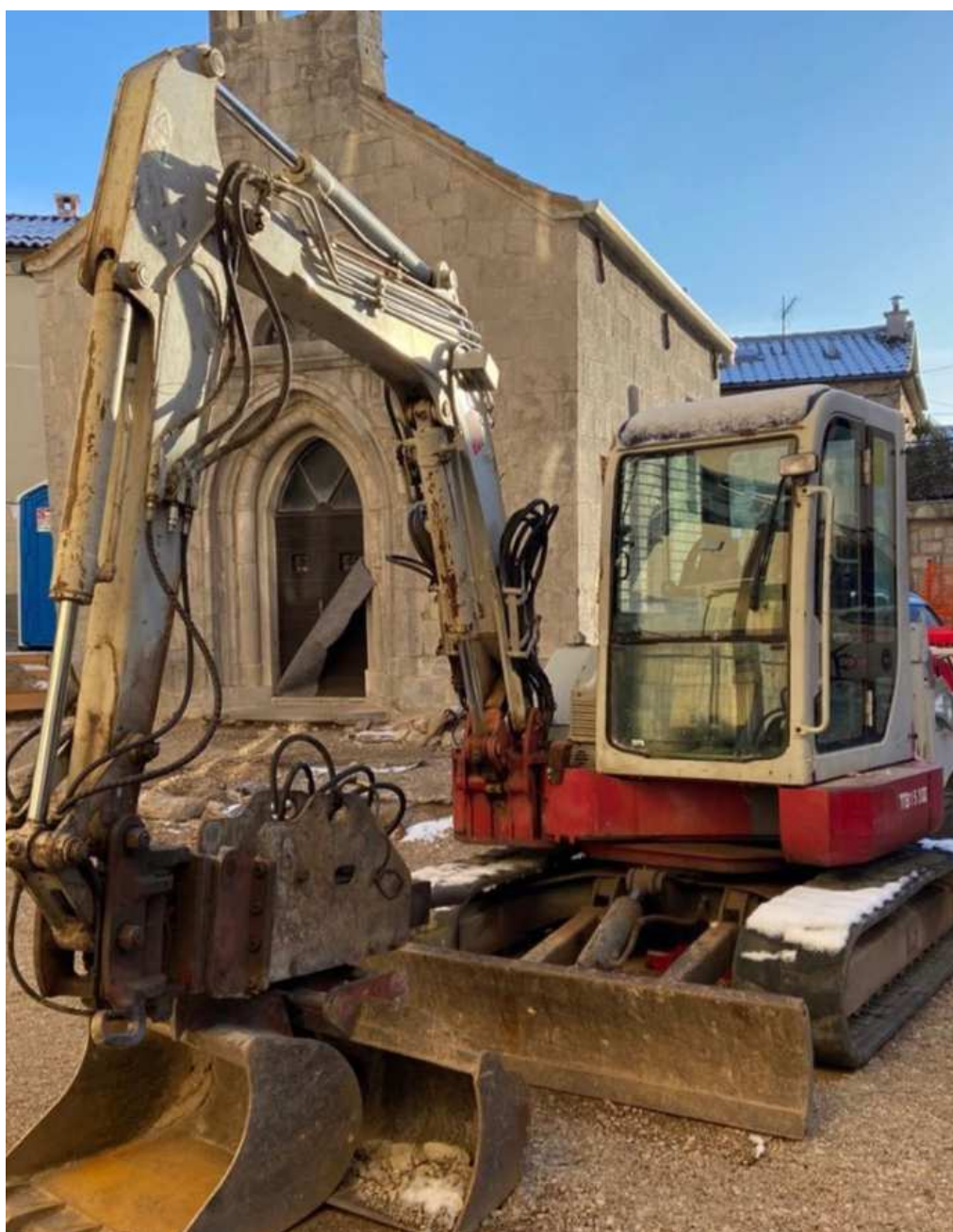


Slika 10: Bager Takeuchi tb216

Bager Takeuchi tb153fr težine 5,6 tona i veće snage mehaničkog čekića upotrebljavao se samo za razbijanje armirano-betonske površine i utovarivač. Nakon završetka otklanjanja armirano-betonske konstrukcije cisterne, bager je prebačen na privremeni deponij te je tamo služio kao za utovar u kamione kipere.

Tablica 3: Dimenzije bagera Takeuchi tb153fr (izradio autor)

<i>duljina</i>	<i>5350 mm</i>
<i>visina</i>	<i>2585 mm</i>
<i>širina</i>	<i>2500 mm</i>
<i>težina</i>	<i>5647 kg</i>

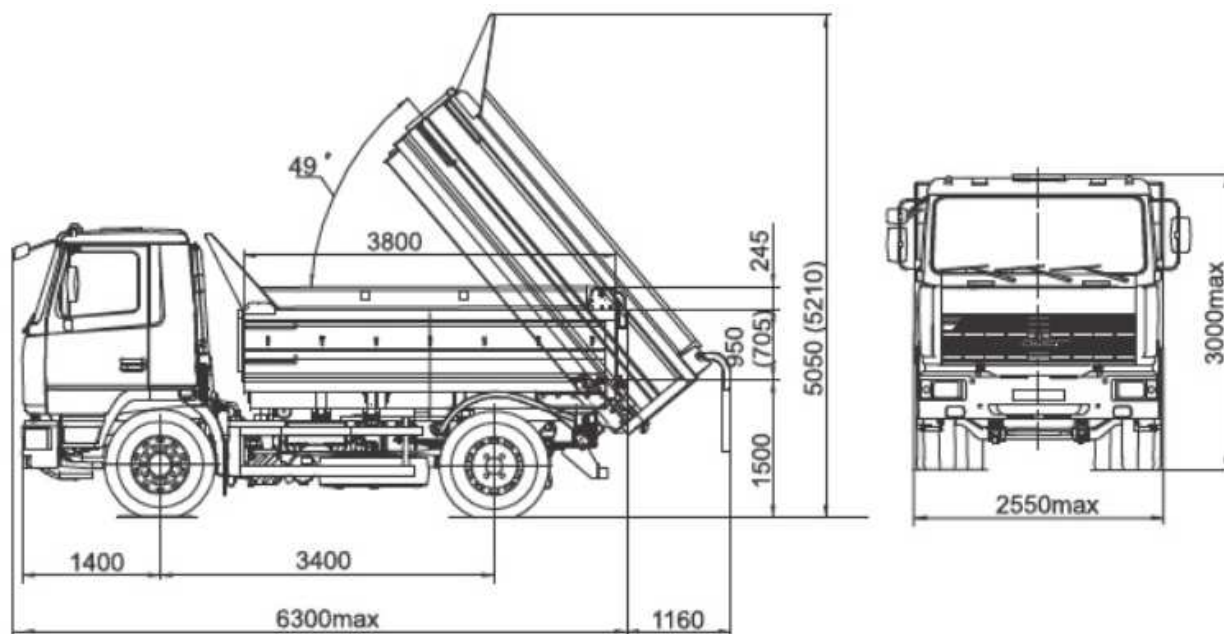


Slika 11: Bager Takeuchi tb153fr

Za transportna sredstva odabran je kamion kiper MAZ 5550V3-520 na dvije osovine zbog pristupnog prolaza kroz Kastavsku šumu opisane u poglavlju 3.1.1.



Slika 12: Kamion kiper MAZ 5550V3-520



Slika 13: Dimenzije kamiona kiper MAZ 5550V3-520

Damper Terex te 2h je korišten neprekidno u svakoj fazi izvođenja građevinskih radova, zbog mogućnosti savladavanja uskih prolaza te oštih skretanja unutar stare jezgre.

Tablica 4: Dimenzije dampera Terex te 2h (izradio autor)

<i>duljina</i>	<i>3350 mm</i>
<i>visina</i>	<i>2770 mm</i>
<i>širina</i>	<i>1490 mm</i>
<i>težina</i>	<i>2080 kg</i>



Slika 14: Damper Terex te 2h

Zbijenost kanala izvodila se pomoću: vibronabijača Weber SRV 620 za majne površine, vibroploča Wacker Neuson 2550 (250 kg) i valjak Hamm Hd 10 VV (2475 kg) za veće površine.

Za doperemu betona korišten je automješalica takozvani mikser Mercedes Atego (5,5 m³) i damper. Iz miksera se beton izlijevao u damper koji je šumskim pristupom dopremao beton do mjesta ugradnje na gradilištu

3.2.2 Mjerni učinci strojeva

Na gradilištu prilikom uskog iskopa praćen je rad strojeva. Važno je napomenuti kako je deponij udaljen 2 kilometra, do kojeg se dolazi kroz kastavsku šumu opisanu u poglavlju 3.1.1. Kritični

dio rute je upravo prolazak kroz šumski dio zbog problema s mimoilaženjem s drugim automobilima na toj ruti. Ruta je duljine 2 kilometra, odnosno s povratkom 4 kilometra. Izmjerena vremena kamiona za odvoz materijala na deponij te povratka na gradilište su: 42 minute, 38 minuta, 43 minute i 72 minute. Iz izmjerenih vremena primjećuje se kako u prosjeku kamionu treba 40 minuta, no ukoliko se kamion mora mimoilaziti s drugim sudionicima u prometu vrijeme se gotovo udvostručava. Po pitanju tog problema jedino što se moglo učiniti je komunikacija između strojara na privremenom deponiju gradilišta i vozača na način da strojar nagovještava o prolasku vozila te vozač čeka na prostoru predviđenom za mimoilaženje. Na slici ispod prikazan je put od privremene deponije gradilišta do deponije. Na tom putu crvenom bojom označen je kritični dio koji čini gotovo polovinu rute odnosno 800 metara u kojemu nema prostora za mimoilaženje.

PUS – 1: Kamion kiper MAZ 5550V3-520

Q =	7,5	m ³	
l =	4	km	
i =	5	%	
t =	15	°C	
Lokacija:	Grad Kastav 365 m.n.m		
Uvjeti strojnog rada:	loš		
Korištenje radnog vremena	slabo		
Starost kamiona:	dotrajali stroj		
Vrijeme ciklusa, tc = tut + tvp + tvpr + tis + ∑tm			3,391
Vrijeme utovara, tut = q/(U _p ^{B1})=7,5/2,42	3,1		
Vrijeme vožnje punog transportnog sredstva, tvp	0,125		
Vrijeme vožnje praznog transportnog sredstva, tvpr	0,083		
Vrijeme istovara, tis	0,033		
Vrijeme manevara, ∑tm	0,05		
Koeficijent uvjeta rada, kB = knt × kk			0,973
Koeficijent nadmorske visine i temperature, knt	0,973		
Koeficijent stanja konstrukcije, kt = 1	1,00		
Koeficijent organizacije, kC = kog × krv × kds			0,450
Koeficijent uvjeta strojnog rada, kog	0,75		
Koeficijent iskorištenja radnog vremena, krv	0,75		
Koeficijent dotrajalosti stroja, kds	0,8		

$$Up1 = \frac{q \cdot T}{tc} * kB * kC = \frac{7,5 \cdot 1}{3,391} * 0,973 * 0,45 = 0,96 \text{ m}^3/\text{sat}$$



Slika 15: Ruta privremeni deponij gradilišta – deponij (Google earth, 2021)

Izmjereno vrijeme koje je damperu potrebno za odvoz/dopremu materijala na ruti gradilište – privremeni deponij je: 2:20 min, 2:08 min, 2:38 min. U prosjeku nešto više od dvije minute ne čini se mnogo, no istu operaciju damper je obavljao najmanje 20 puta dnevno. Iz toga se može zaključiti da se dnevno u prosjeku izdvaja 1 sat za navedenu rutu. Na slici ispod prikazan je put gradilište – privremeni deponij koji je dugačak 200 metara i označene su kritične točke skretanja pod ostrim kutovima.



Slika 16: Potez gradilište – privremeni deponij (Google earth, 2021)

Pri izračunu radnog učinka bagera izmjereni su podatci ovisni o vrsti lopate koju bager koristi. Za vrijeme izvođenja širokog iskopa korištena široka lopata kubikaže $0,25 \text{ m}^3$. Mjereno vrijeme za poslove utovara u damper iznosi 2:12 min, 2:25 min, 2:08 min, 2:40 min, 2:16 min. Dobivena vremena prilikom izvođenja uskog iskopa, uskom korpom kubikaže $0,1 \text{ m}^3$ iznose 5:14 min, 6:09 min, 5:12 min, 5:42 min.

Na izmjerena vremena potrebno je uračunati vrijeme odvoza materijala damperom i povratak na gradilište, i time se dobiva da je u prosjeku za široki iskop, odvoz materijala i povratak na gradilište potrebno 5 minuta, a za uski iskop, odvozom materijala i povratkom potrebno 8 minuta.

PUS - 2: Bager Takeuchi tb153fr

Namjena:	utovar materijala u damper uskom lopatom	
q =	0,1	m ³
T = 1 dan	9	h
Uvjeti strojnog rada:	loš	
Korištenje radnog vremena	slabo	
Starost bagera:	dotrajali stroj	
Koeficijent materijala kA = kp × kr × kvm		0,544
Koeficijent punjenja žlice bagera, kp	0,75	
Koeficijent rastresitosti materijala, kr	0,78	
Koeficijent vlažnosti materijala, kvm	0,93	
Koeficijent uvjeta rada, kB = krp × ko × ku		0,398
Koeficijent radnog prostora, krp	0,8	
Koeficijent zaokretanja ruke, ko	0,71	
Koeficijent utovara, kut	0,70	
Koeficijent organizacije, kc = kog × krv × kds		0,450
Koeficijent uvjeta strojnog rada, kog	0,75	
Koeficijent iskorištenja radnog vremena, krv	0,75	
Koeficijent dotrajalosti stroja, kds	0,8	

$$\text{Vrijeme ciklusa, } t_c = 36 \text{ sekundi} = \frac{36}{3600} = 0,01 \text{ h}$$

$$kr = kA * kB * kC = 0,544 * 0,398 * 0,450 = 0,097$$

$$Up2 = \frac{q * T}{t_c} * kr = \frac{0,1 * 1}{0,01} * 0,097 = 0,97 \text{ m}^3/\text{h}$$

PUS - 3: Bager Takeuchi tb153fr

Namjena:	utovar materijala u damper širokom lopatom	
q =	0,25	m ³
T = 1 dan	9	h
Uvjeti strojnog rada:	loš	
Korištenje radnog vremena	slabo	
Starost bagera:	dotrajali stroj	
Koeficijent materijala kA = kp × kr × kvm		0,544
Koeficijent punjenja žlice bagera, kp	0,75	
Koeficijent rastresitosti materijala, kr	0,78	
Koeficijent vlažnosti materijala, kvm	0,93	
Koeficijent uvjeta rada, kB = krp × ko × ku		0,398
Koeficijent radnog prostora, krp	0,8	

Koeficijent zaokretanja ruke, k_o	0,71	
Koeficijent utovara, k_u	0,70	
Koeficijent organizacije, $k_c = k_{og} \times k_{rv} \times k_{ds}$		0,450
Koeficijent uvjeta strojnog rada, k_{og}	0,75	
Koeficijent iskorištenja radnog vremena, k_{rv}	0,75	
Koeficijent dotrajnosti stroja, k_{ds}	0,8	

$$\text{Vrijeme ciklusa, } t_c = 36 \text{ sekundi} = \frac{36}{3600} = 0,01 \text{ h}$$

$$k_r = k_A * k_B * k_C = 0,544 * 0,398 * 0,450 = 0,097$$

$$U_{p3} = \frac{q * T}{t_c} * k_r = \frac{0,25 * 1}{0,01} * 0,097 = 2,42 \text{ m}^3/\text{h}$$

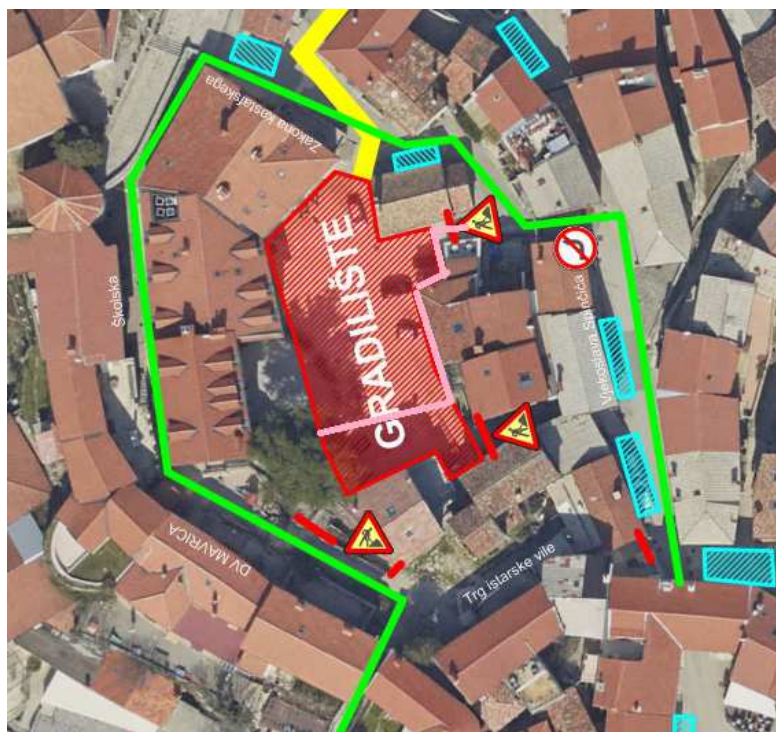
Usporedbom praktičnog učinka bagera prilikom utovara materijala iz iskopa u damper s dvije različite lopate 0,1 m³ i 0,25 m³ primjećuje se znatan porast brzine izvođenja radova pri mogućnosti korištenja veće lopate. Također faktorom k_r koji se dobiva kombinacijom faktora materijala, uvjeta rada i organizacije prikazujemo direktan utjecaj na vrijeme izvođenja radova.

3.3 Izvođenje radova rekonstrukcije trga Lokvina u gradu Kastvu

U ovoj cijeli bit će prikazano izvođenje radova iz perspektive izvođača radova. Prikazani su problemi na koje se nailazi prilikom izvođenja građevinskih radova, te rješenja istih Izvedeni radovi prikazat će se kroz vrste radova u kojima su detaljno opisane faze iz točke 3.2.

3.3.1 Pripremni radovi

Prvi korak početka građevinskih radova je osiguranje gradilišta i omogućavanje pristupa objektima. Na slici ispod zelenom bojom prikazano je rješenje obilaska gradilišta za pješake. ali pješačka komunikacija s hotelom, gradskom vijećnicom i privatnim objektima rješava se na način da gradilište dijelimo u 2 zone. Zone su odvojene roza linijom, na sjevernoj strani počinje uklanjanje armirano betonske ploče dok je na južnoj strani i neposredno uz objekte je omogućen prolaz.



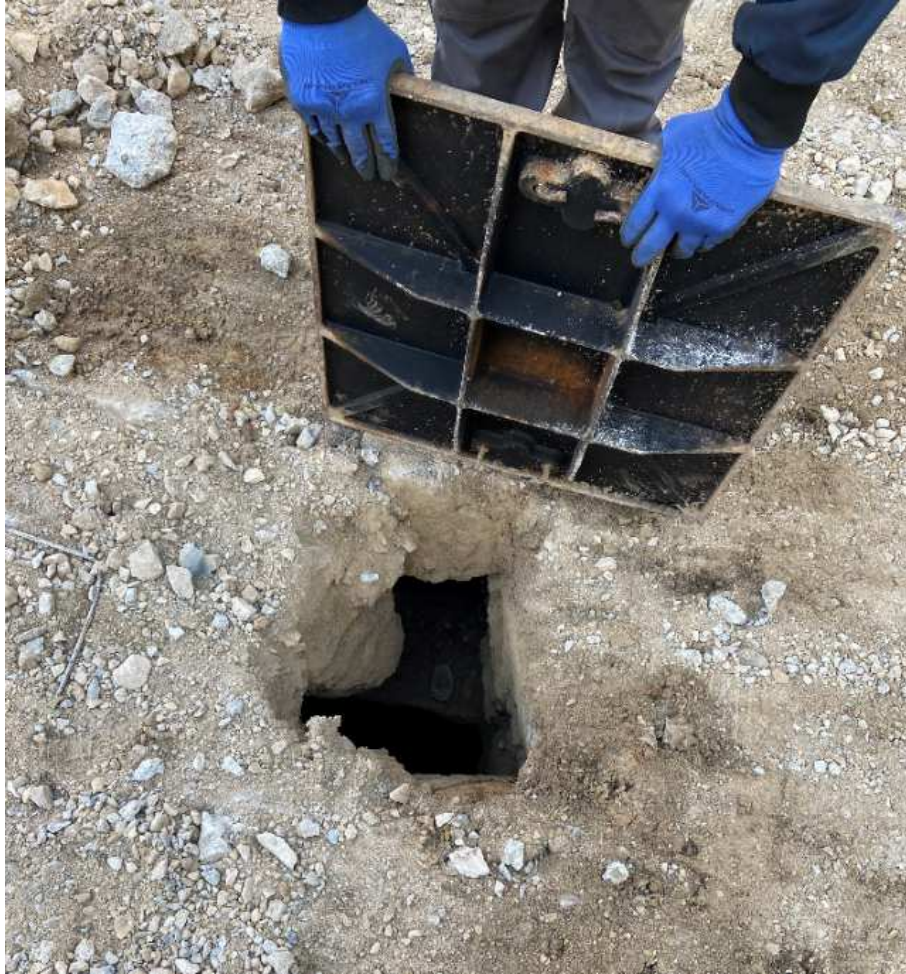
Slika 17: Rješenje privremene komunikacije gradilišta (Grad Kastav, 2021)

Uklanjanje sjeverne strane armirano betonske ploče površine 500 m² teče nesmetano koristeći dva bagera. Jedan bager mehaničkim čekićem uklanja armirano betonsku ploču, dok drugi vrši utovar u damper.



Slika 18: Odstranjivanje armirano betonske ploče iz perspektive strojara (fotografirao autor, 2021)

Nakon otklanjanja armirano betonske ploče sa sjeverne strane gradilišta, radovi prelaze na južnu stranu. Prije prelaska radova sa sjeverne na južnu stranu potrebno je izraditi i omogućiti pristupne puteve do gradske vijećnice i hotela. Pristupni putevi izrađeni su pomoću drvene građe. Prvi problem se javlja nakon prelaska radova na južnu stranu. Za vrijeme otklanjanja armirano betonske ploče otvara se rupa u cisterni.



Slika 19: Rupa u cisterni (fotografirao autor, 2021)

3.3.2 Zemljani radovi

Zemljani radovi obuhvaćaju drugu i treću fazu radova, odnosno iskope potrebne dubine za ostvarivanje mehanički ispravnog tla kanala oborinske vode, fekalne kanalizacije i opskrbe vodom.

Prvi problem na koji se nailazi je obilježavanje postojećih instalacija. Svi objekti trga su spojeni na javnu gradsku mrežu i infrastrukturu, no nerijetko je slučaj da potrebna evidencija nije vođena.

U prošlosti svi objekti trga koristili su vodu iz cisterne kao primarni izvor pitke vode, te se sva oborinska voda slijevala u istu. Prošlo je na desetke godina od uporabe cisterne, no svi su objekti, do rekonstrukcije trga, dalje koristili kao sustav odvodnje oborinske vode.

Zadnji evidentirani radovi na trgu su se odvijali sredinom 20. stoljeća i sustavi kanalizacije i strujne mreže nisu službeno zabilježeni. Na slici ispod su prikazani kameni kanali stari 300 godina koji spajaju oborinsku vodu objekata s cisternom.



Slika 20: Kameni kanal i ostale ne označene instalacije (fotografirao autor, 2021)

Predviđene dimenzije cisterne bile su 10 metara širine s 5 metara visine, no čišćenjem površne primjećuje se da je cisterna dimenzija 14 metara širine s 9 metara visine i prosječne dubine 6 metara. Nakon spoznaje veličine cisterne nadzorni inženjer i koordinator zaštite na radu zabranjuju pristup strojevima na površinu cisterne. Radovi su prekinuti na nekoliko dana, odnosno broj dana koji je potreban snimanje cisterne uz pomoć speleologa. Na slici ispod crvenim obrubom prikazana je veličina cisterne u odnosu na gradilište.



LEGENDA :
 ZONA OBUHVATA
 - - - - -

gradevina	REKONSTRUKCIJA TRGA I OBORINSKE ODVODNJE TRGA LOKVINA U KASTVU	broj projekta	16-005	glavni projektant	dipl.ing.arh. Siniša Zdjelar
investitor	GRAD KASTAV Zakona kastafskega 3 HR - 51215 KASTAV OIB: 54394236461	oznaka projekta	ZDL-TL-GP	projektant	dipl.ing.arh. Siniša Zdjelar
strukovna odrednica	ARHITEKTONSKI PROJEKT	mjerilo	1:250	suradnici	Flavia Buneta ing.građ. Antonija Plavotić dipl.ing arh.
razina razrade	GLAVNI PROJEKT	datum izrade	lipanj 2018.		
sadržaj lista	Postojeća situacija trga na geodetskoj podlozi	broj lista	3.1.		

Zbog opasnosti od urušavanja donosi se odluka od strane investitora, nadzornog inženjera te koordinatora zaštite na radu da se moraju otkriti vanjski gabariti cisterne uz pomoć arheologa. Upravo ti radovi znatno usporavaju tijek građenja i povećavaju cijenu projekta. Uloženo je 458 ljudskih radnih sati, te 108 radnih sati stroja (bagera) da bi se uspjelo iskolčiti samu cisternu. Usprkos svemu usporavaju se radovi oko cisterne zbog zabrinutosti konzervatora o daljnjim nalazištima. Postignut je dogovor da bager ne smije koristiti lopata sa zubima kako ne bi došlo do oštećenja potencijalnih nalazišta te da se kopa u slojevima od 10 centimetara.



Slika 21: Ručno čišćenje pokrova cisterne (fotografirao autor, 2021)

Zbog vremena utrošenog na arheološke radove, otkrivanja vanjskih zidova cisterne gradilište se nalazi u zaostatku, no zbog prije navedenog dogovora dodatno se usporavaju iskopi kanala. Uslijed približavanja roka i velikog zaostatka projekt se prilagođava na način da se na mjestima gdje je moguće, vrši prošireni iskop kanala u koji će se istovremeno postavljati cijevi oborinske odvodnje i dovod vode. Također na lopate bagera se vare čelične ploče kako bi se zaobišao problem zabrane kopanja lopate sa zubima. Širina i dubina kanala su minimalne dopuštene za pravilnu ugradnju cijevi i ostvarivanje pada u istima.

3.3.3 Monterski radovi

Monterski radovi obuhvaćaju postavljanje bypass-a za trenutnu opskrbu vodom stanovništva i hotela, postavljanje oborinske, fekalne kanalizacije i opskrbe vodom te zatrpavanje kanala

Prije početka uklanjanja postojećih instalacija potrebno je bilo osigurati pitku vodu za objekte na trgu, zbog toga je izrađen privremeni „bypass“ iznad kote terena. Samim „bypass-om“ se dobiva na vremenu no postavljanje istog limitira pristup strojevima na gradilištu. Potom je sve bilo spremno za uklanjanje postojećih instalacija vode, te samim time istovremeno započinje uklanjanja instalacija oborinske i fekalne odvodnje.

Zbog limitirane dubine i širine iskopa kanala prilikom postavljanja cijevi se ugrađuju na pripremljenu betonsku posteljicu kako bi osigurali projektirane padove. Prethodno iskopani kanali čija se trasa lomi na više mjesta nego što je predviđeno projektom zbog konfiguracije terena i veličine cisterne zadaje problem. Pri ugradnji cijevi koristi se mnogo više fazonskih komada i koljena nego što je predviđeno projektom, što nije idealno rješenje prilikom izvođenja odvodnje u minimalnom padu.

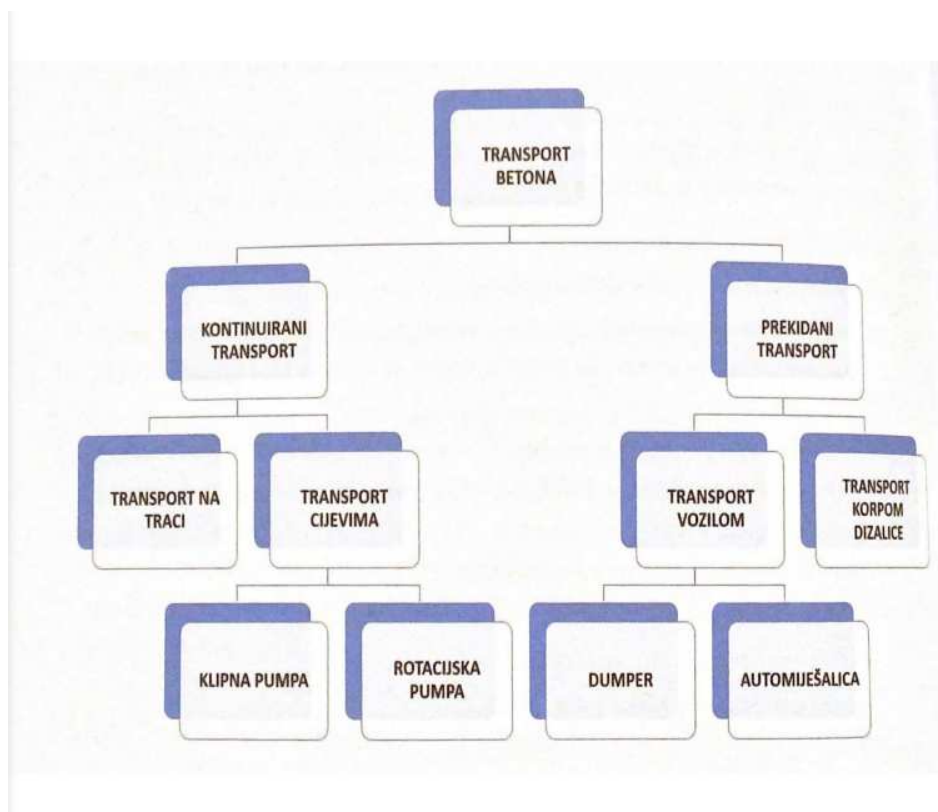
Na posljatku se izvodi zatrpavanje kanala. Posebnu pozornost se pridaje arheološkim nalazištima u tlu, koji iako nisu mnogobrojni moraju biti zaštićeni na poseban način. Preko svih nalazišta se postavlja geotekstil i zatrpavaju se pijeskom kako ne bi došlo do oštećenja prilikom vršenja iskopa u budućnosti.



Slika 22: Zaštita nalazišta geotekstilom (fotografirao autor, 2021)

3.3.4 Betonski radovi

Betoniranje armirano betonske ploče veoma je zahtjevno. Prvi problem se javlja pri postavljanju armature, zbog neravne površine pokrova cisterne armaturne mreže dijeli se na više manjih površina kako bi se mogao ostvariti preklop armature. Kod betoniranja ploča se dijeli na sektore od 25 m² kako prilikom rada betona ne bi došlo do pucanja. Najveći problem u ovoj fazi radova bio je doprema betona do gradilišta. Zbog uvjeta na gradilištu i prilaznih puteva nije moguća kontinuirani transport betona stoga odabiremo prekidani transport betona vozilom kao što je prikazano u slici ispod.



Slika 23: Shema mogućnosti transporta svježeg betona (Mlinarić, 2017)

Odabire se doprema mikserom na tri osovine zapremnske kubikaže $5,5 \text{ m}^3$ koji može proći pristupnim putem kroz Kastavsku šumu no samo do privremenog deponija. S privremenog deponija svježi beton se do gradilišta transportira damperom zapremnske mase 1 m^3 , no zbog konstantne promjene nagiba kako bi se izbjeglo prolijevanje betona prevozi se $0,5 \text{ m}^3$. U tom se procesu ugradnja betona usporava za 50%, odnosno damper prelazi relaciju gradilište – privremena deponija 12 puta umjesto 6. Betonara se nalazi 2,2 kilometra od gradilišta, kod dopreme mikserom nailazimo na isti problem kao kod prolaska kamiona kastavskom šumom. Na uskoj pristupnoj cesti do gradilišta zbog mimoilaženja mikseru je potrebno 30 minuta za dolazak na gradilište, no u obzir se uzima da se beton doprema samo jednim mikserom pa svaka iduća tura traje sat vremena. Beton se damperom izljeva na mjesto ugradnje na kojem se ručno ugrađuje, vibrira i njeguje.



Slika 24: Betoniranje trga (fotografirao autor, 2021)

3.3.5 Završni radovi

Prema projektu zadnja faza izrade radova trga Lokvina su završni radovi u kojima je bilo potrebno izvesti popločenje trga. Pri izradi projekta trg se projektira u skladu s okolinom, stoga se odabire bužetski kamen sivac koji izgledom odgovara popločenju trga kroz povijest. Kamen se dobiva miniranjem kamene stijene, zatim se obradom dobivaju ploče debljine 5 centimetara te duljine 50 centimetara. Problem pri izradi ploča na ovaj način je da miniranjem se veliki dio kamena usitnjava na širinu manju od 50 centimetara te nije uporabljiv za daljnju obradu. Stoga od planiranih 700 m² do roka isporuke kamena pripremljeno je samo 250 m² što nije ni približno dovoljno za popločenje trga. „Nažalost, ne postoje proizvodnja ni radni proces u kojima nema zastoja i gubitaka. Razina zastoja i gubitaka zadržava stupanj organizacije građenja i radne kulture, pa potpuno isti radni

procesu, uz primjenu iste tehnike i tehnologije i isti broj izvršitelja daju različit rezultat rada.“ (Radujković, 2015). Radovi su stopirani 15. srpnja 2021. zbog nadolazeće turističke sezone i na slici ispod možemo vidjeti trenutno stanje trga.



Slika 25: Trenutno stanje trga (Grad Kastav, 2021)

4. Zaključak

Cilj ovoga rada je pripremiti druge na ono što ih očekuje pri izvođenju građevinskih radova u starogradskim jezgrama. Naglasio bih koliko je bitno dobro organizirati jedno ovakvo gradilište, detaljno analizirati lokaciju i okruženje u kojem izvodimo radove te pomno odabrati mehanizaciju i tehnologiju građenja. Nakon tih koraka i u slučaju nailaska na neplanirane probleme pri gradnji, ako smo spremni na njih brže i lakše ih otklanjamo u toku. Specifičnost projekta potaknula je ideju pisanjem i obrađivanjem ove teme završnog rada.

5. Literatura

Radujković, M., Organizacija građenja, Građevinski fakultet Zagreb, Zagreb 2015

Mlinarić, V., Tehnologija građenja, Tehničko veleučilište u Zagrebu, Zagreb 2017

Grbić, L., Analiza strojeva za iskop pri zemljanim radovima, Građevinski fakultet Rijeka, 2021

Linarić, Z., Leksikon strojeva i opreme za proizvodnju građevinskih materijala/učinci strojeva i vozila pri zemljanim radovima, Business Media Croatia, 2007.

Rekonstrukcija trga i oborinske odvodnje trga Lokvina u Kastvu, ZDL-TL-GP, 16-005

<https://kastav.hr> preuzeto 28.08.2021

<https://www.takeuchiglobal.com/compact-excavators/> preuzeto 01.09.2021

<https://www.lectura-specs.com/en/model/construction-machinery/dumpers-terex/> preuzeto 01.09.2021