

Univerza
v Ljubljani

Fakulteta
*za gradbeništvo
in geodezijo*



Jamova cesta 2
1000 Ljubljana, Slovenija
<http://www3.fgg.uni-lj.si/>

DRUGG – Digitalni repozitorij UL FGG
<http://drugg.fgg.uni-lj.si/>

To je izvirna različica zaključnega dela.

Prosimo, da se pri navajanju sklicujete na bibliografske podatke, kot je navedeno:

Brodej, A. 2012. Analiza tehnologije in časovnega poteka gradnje: primer nadvoza nad železniško progo. Diplomski naloga. Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo. (mentorica Šelih, J.): 30 str.

University
of Ljubljana

Faculty of
*Civil and Geodetic
Engineering*



Jamova cesta 2
SI – 1000 Ljubljana, Slovenia
<http://www3.fgg.uni-lj.si/en/>

DRUGG – The Digital Repository
<http://drugg.fgg.uni-lj.si/>

This is original version of final thesis.

When citing, please refer to the publisher's bibliographic information as follows:

Brodej, A. 2012. Analiza tehnologije in časovnega poteka gradnje: primer nadvoza nad železniško progo. B.Sc. Thesis. Ljubljana, University of Ljubljana, Faculty of civil and geodetic engineering. (supervisor Šelih, J.): 30 pp.

Univerza
v Ljubljani

Fakulteta za
*gradbeništvo in
geodezijo*



Jamova 2
1000 Ljubljana, Slovenija
telefon (01) 47 68 500
faks (01) 42 50 681
fgg@fgg.uni-lj.si

UNIVERZITETNI ŠTUDIJ
PRVE STOPNJE
GRADBENIŠTVA

Kandidat:

ANDREJ BRODEJ

**ANALIZA TEHNOLOGIJE IN ČASOVNEGA POTEKA
GRADNJE: PRIMER NADVOZA NAD ŽELEZNIŠKO
PROGO**

Diplomska naloga št.: 12/B-GR

**ANALYSIS OF THE CONSTRUCTION TECHNOLOGY
AND EXECUTION OF A ROAD CROSSOVER OVER
THE RAILWAY**

Graduation thesis No.: 12/B-GR

Mentorica:

izr. prof. dr. Jana Šelih

Predsednik komisije:

izr. prof. dr. Janko Logar

Član komisije:

izr. prof. dr. Marijan Žura

izr. prof. dr. Matjaž Dolšek

Ljubljana, 21. 09. 2012

POPRAVKI

Stran z napako

Vrstica z napako

Namesto

Naj bo

IZJAVE

Podpisani Andrej Brodej izjavljam, da sem avtor diplomskega dela z naslovom »Analiza tehnologije in časovnega poteka gradnje: primer nadvoza nad železniško progo«.

Izjavljam, da je elektronska različica v vsem enaka tiskani različici.

Izjavljam, da dovoljujem objavo elektronske različice v repozitoriju UL FGG.

Ljubljana, 16.8.2012

Andrej Brodej

BIBLIOGRAFSKO – DOKUMENTACIJSKA STRAN IN IZVLEČEK

| | |
|-------------------------|---|
| UDK: | 656.2:69.004(043.2) |
| Avtor: | Andrej Brodej |
| Mentor: | izr. prof. dr. Jana Šelih |
| Naslov: | Analiza tehnologije in časovnega poteka gradnje: primer nadvoza nad železniško progo |
| Tip dokumenta: | Diplomska naloga - univerzitetni študij |
| Obseg in oprema: | 30 str., 9 pregl., 7 sl., 2 graf., 4 pril. |
| Ključne besede: | cestni nadvoz, tehnologija gradnje, delovna sila, delovni zastoji |

Izvleček

V diplomski nalogi predstavljam proces izgradnje cestnega nadvoza nad železniško progo in rekonstrukcije odseka regionalne ceste z vidika izvajalskega podjetja. V prvem delu podrobneje obravnavam tehnologijo gradnje samega nadvoza, po zaporednih fazah, kot si sledijo pri izvajanju del. V drugem delu naloge pa analiziram časovni potek gradnje nadvoza, pri čemer se osredotočam predvsem na zastoje in prekinitve izvajanja del, ter skušam pojasniti pogloblitve vzroke zanje. Nadalje obravnavam porabo delovne sile pri izvajanju projekta oziroma značilne vzorce razporejanja delovne sile na gradbišču, ter njihove prednosti in slabosti. V zaključku skušam strniti bistvene ugotovitve, predvsem težave, s katerimi se srečuje izvajalsko podjetje pri izvajanju projektov in podati predloge za učinkovitejše izvajanje projektov.

BIBLIOGRAPHIC – DOCUMENTALISTIC INFORMATION AND ABSTRACT

UDC: 656.2:69.004(043.2)
Author: Andrej Brodej
Supervisor: Assoc. Prof. Jana Šelih, Ph.D.
Title: Analysis of the construction technology and execution of a road crossover over the railway
Document type: Graduation Thesis – University studies
Notes: 30 p., 9 tab., 7 fig., 2 graph., 4 ann.
Key words: road crossover, construction technology, workforce, delays in the construction

Abstract

The thesis presents the construction process of a road crossover over the railway and a reconstruction of regional road segment from the contracting company view. The first part describes the construction technology of building a road crossover in consequent stages. The second part of the thesis analyses execution of construction, focused to delays and interruptions of the works. The main causes for delays are identified and analysed. The thesis further discusses the use of labor force in the project execution. Typical ways of manpower allocation on a worksite and their advantages and disadvantages are discussed. In conclusion, the thesis summarizes the key findings of the thesis, and lists contemporary problems that construction companies are faced by. Recommendations for efficient project execution are finally provided.

| | |
|---|-----------|
| POPRAVKI..... | II |
| IZJAVE | III |
| BIBLIOGRAFSKO – DOKUMENTACIJSKA STRAN IN IZVLEČEK..... | IV |
| BIBLIOGRAPHIC – DOCUMENTALISTIC INFORMATION AND ABSTRACT..... | V |
| 1 UVOD..... | 1 |
| 2 SPLOŠNO O GRADBENIH PROJEKTIH..... | 1 |
| 3 PRIMER NADVOZA ČEZ ŽELEZNIŠKO PROGO V DIVAČI..... | 3 |
| 3.1 Predstavitev objekta | 3 |
| 3.2 Geološko geomehanski pogoji | 4 |
| 3.3 Normalni prečni profil cestišča pred in za objektom | 5 |
| 3.4 Konstrukcija objekta | 5 |
| 3.5 Odvodnjavanje | 6 |
| 3.6 Hodniški pasovi in ograja..... | 6 |
| 4 TEHNOLOGIJA GRADNJE..... | 7 |
| 4.1 Faze gradnje | 7 |
| 4.2 Pripravljalna dela in organizacija gradbišča..... | 8 |
| 4.2.1 Ureditev prometa med gradnjo..... | 10 |
| 4.2.2 Ureditev pomožnih prostorov na gradbišču | 10 |
| 4.2.3 Ureditev začasnih gradbiščnih inštalacij | 11 |
| 4.3 Mehanizacija in uporabljeni materiali..... | 12 |
| 4.4 Zemeljska dela..... | 14 |
| 4.5 Spodnja konstrukcija | 15 |
| 4.5.1 Izdelava temeljev in armiranobetonskih slopov za stabilizacijo brežin | 15 |
| 4.5.2 Postopek betoniranja temeljev..... | 16 |
| 4.5.3 Nega in staranje betonov | 16 |
| 4.5.4 Izvedba zasipa za zidovi in temelji..... | 17 |
| 4.5.5 Vertikalna hidroizolacija | 17 |
| 4.6 Zgornja konstrukcija | 17 |
| 4.6.1 Tehnologija opaženja | 18 |
| 4.6.2 Betoniranje loka, sten in konzol | 19 |
| 4.6.3 Nega in staranje betona | 20 |
| 4.7 Krov..... | 20 |
| 4.7.1 »Pranje« loka, sten in konzol in hidroizolacija | 21 |
| 4.7.2 Izdelava hodnikov in robnih vencev | 21 |
| 4.7.3 Izdelava asfalta..... | 22 |
| 4.8 Voziščne konstrukcije | 22 |
| 5 ANALIZA IZRABE DELOVNEGA ČASA IN DELOVNE SILE | 23 |
| 5.1 Izraba delovnega časa..... | 23 |
| 5.2 Delovna sila..... | 25 |

| | |
|--|-----------|
| 6 UGOTOVITVE IN ZAKLJUČKI | 27 |
| VIRI | 29 |

KAZALO PREGLEDNIC

| | |
|---|----|
| Preglednica 1: Delovne faze pri izgradnji nadvoza..... | 7 |
| Preglednica 2: Uporabljen mehanizacija | 13 |
| Preglednica 3: Povzetek in količine uporabljenih materialov | 13 |
| Preglednica 4: Uporabljen mehanizacija pri izvajanju zemeljskih del | 15 |
| Preglednica 5: Uporabljen mehanizacija in oprema pri betoniranju temeljev | 16 |
| Preglednica 6: Uporabljen mehanizacija pri izvedbi zasipa za zidovi in temelji | 17 |
| Preglednica 7: Uporabljen mehanizacija pri betoniranju loka, sten in konzol | 20 |
| Preglednica 8: Uporabljen mehanizacija in oprema za izvedbo hidroizolacije | 21 |
| Preglednica 9: Uporabljen mehanizacija in oprema pri izdelavi voziščne konstrukcije | 23 |

KAZALO GRAFIKONOV

| | |
|--|----|
| Grafikon 1: Povprečno število gradbenih delavcev v posameznem tednu (2., 45., in 48. teden)..... | 26 |
| Grafikon 2: Število gradbenih delavcev v posameznih dnevih tedna (pon.-pet.) za 2., 45., in 48. teden | 27 |

KAZALO SLIK

| | |
|--|----|
| Slika 1: Faze gradbenih projektov v širšem in ožjem smislu (Reflak in sod., 2007) | 2 |
| Slika 2: Cilji gradbenega projekta (Reflak in soavt., 2007) | 3 |
| Slika 3: Stari objekt nadvoza..... | 4 |
| Slika 4: Pogled na cestišče | 5 |
| Slika 5: Pogled na novi objekt nadvoza | 6 |
| Slika 6: Situacija nadvoza nad železniško progo in lokacija pomožnih gradbiščnih prostorov | 10 |
| Slika 7: Načrt nosilne konstrukcije opaža (vzdolžni prerez)..... | 19 |
| Slika 8: Načrt nosilne konstrukcije opaža (tloris) | 19 |

1 UVOD

Graditev objektov je kompleksen enkratni proces, katerega cilj je izgotovitev objekta (v dogovorjenem času, v okviru vnaprej določenih finančnih sredstev) in njegova predaja naročniku. Da lahko ta cilj dosežemo, je potrebno med izvajanjem del načrtovati, usmerjati ter nadzirati izvedbo načrtovanih dejavnosti. Planiranje procesa graditve oz. gradbenega projekta je lahko uspešno le, če se pri tem opiramo na izkušnje predhodnih projektov. V diplomski nalogi zato predstavljam in analiziram proces graditve na izbranem primeru cestnega nadvoza nad železniško progo in rekonstrukcije odseka regionalne ceste v okviru modernizacije obstoječe železniške proge, pri čemer sem se osredotočil predvsem na samo tehnologijo gradnje nadvoza ter časovni potek izvedbe projekta. Jedro diplomskega dela je sestavljeno iz dveh delov. V prvem delu je podrobneje predstavljena analiza operativne izvedbe objekta in tehnologije gradnje nadvoza skozi vse faze gradnje objekta. Drugi del predstavlja analiza časovnega poteka gradnje objekta in analiza organizacije in porabe delovne sile v času gradnje objekta.

Cilj diplomske naloge je torej celosten pregled poteka in tehnologije izgradnje konkretnega objekta z vsemi spremljajočimi postopki in procesi, s katerimi se sreča izvajalec gradbenih del ter pregled časovnega poteka gradnje in porabe delovne sile. Ugotoviti želim predvsem kakšna je dejanska poraba delovne sile (oz. delovnih ur) skozi različne faze gradnje ter kako v časovnem pogledu poteka izvajanje konkretnega projekta in izpostaviti zakaj prihaja do motenj poteka delovnega procesa. Na podlagi analize želim na koncu podati predloge izboljšanja procesa. Moj namen je nadalje – izpostaviti specifične motnje oziroma dejavnike, ki ovirajo delovni proces in tako znižujejo izkoriščenost delovnega časa in produktivnost same gradnje.

2 SPLOŠNO O GRADBENIH PROJEKTIH

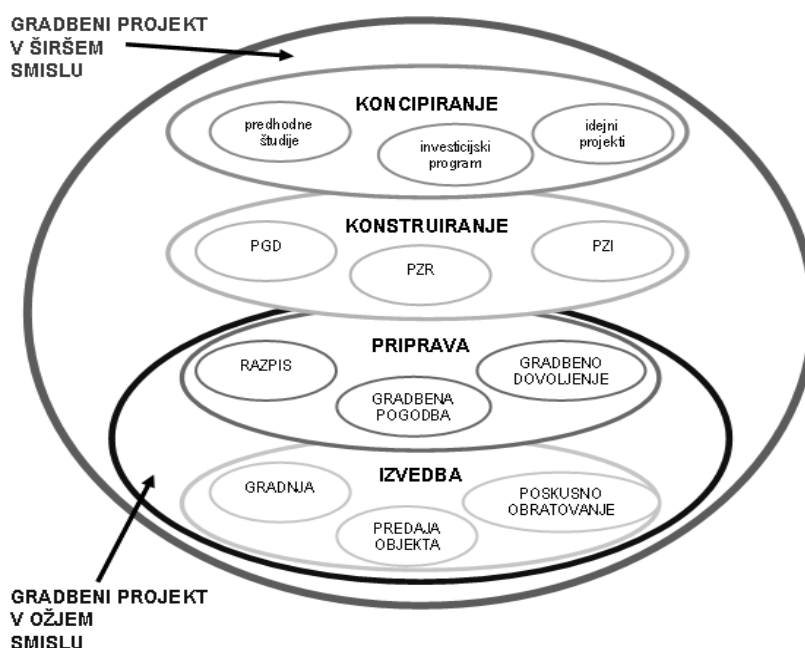
Gradbeni projekt lahko opredelimo kot skupek enkratno ciljno usmerjenih investicijskih procesov ali dejavnosti, ki so med seboj povezane tako, da s pomočjo svojih rezultatov omogočajo izvedbo končnega cilja, gradbenega projekta (Pšunder, Klanšek, Šuman, 2009).

Značilnost vsakega projekta, tudi gradbenega, je njegova enkratnost, saj je neponovljiv v časovnem, lokacijskem, naročniškem in/ali načrtovanem smislu. Čeprav se lahko zgodi, da je predmet gradbenega projekta fizični objekt, ki ima enake geometrijske in tehnične lastnosti kot že obstoječi objekt, je situacija drugačna, saj proces teče na drugi lokaciji (z drugačnimi topografskimi, geomehanskimi in drugimi značilnostmi), v drugem časovnem obdobju (različne vremenske in klimatske okoliščine), z različnimi proizvodnimi sredstvi in morda tudi z drugačno organizacijsko sestavo upravljanja.

Gradbene projekte je mogoče obravnavati v širšem ali ožjem smislu. V širšem smislu se tako kot vsak projekt deli na naslednje faze:

- fazo koncipiranja projekta ali koncipiranje,
- fazo definiranja ali konstruiranje,
- fazo priprav na realizacijo ali pripravo,
- fazo realizacije ali izvedbo.

Za vsako fazo so značilne določene dejavnosti in specifični dokumenti (Slika 1). Gradbeni projekti v ožjem smislu so projekti, ki predstavljajo le zadnji del gradbenih projektov v širšem smislu, to je priprava na gradnjo in izvedba. S stališča gradbenega projekta v ožjem smislu gredo gradbeni projekti v izvajalskih podjetjih v svojem življenjskem ciklu skozi tri faze: ponudbeni postopek, izvedbo projekta in garancijo. Na kakšen način pa bo izvajalsko podjetje izvajalo te tri faze, je seveda prepuščeno njegovi notranji organiziranosti (Reflak in sod., 2007).



Slika 1: Faze gradbenih projektov v širšem in ožjem smislu (Reflak in sod., 2007)

Glavna prioriteta izvajalskih podjetij v gradbeništvu je, da so objekti, kot rezultati gradbenih projektov, zgrajeni skladno s projektno dokumentacijo, kakovostno, pravočasno in v okviru planiranih finančnih sredstev. Od doseganja vseh teh objektnih ciljev je zelo odvisno doseganje namenskih ciljev gradbenih projektov. Tipični namenski cilj gradbenih projektov je doseči čim večji ekonomski učinek oziroma realizirati čimvečji dobiček (Pšunder, 1997).

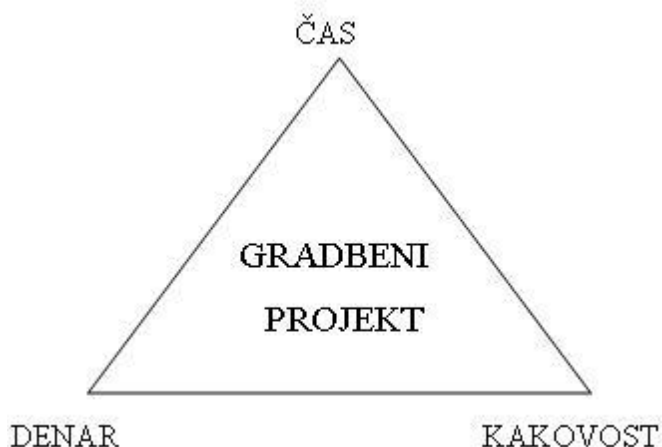
Posebnosti oziroma specifičnosti gradbenih projektov so torej naslednje:

- rezultat je objekt, ki je namenjen za dolgotrajno uporabo, zato je odgovornost pri projektiranju in izvedbi znatno večja kot pri proizvodnji dobrin,
- so unikatni oziroma edinstveni, neponovljivi in nepremični,
- imajo velike vrednosti,
- finančno in časovno so omejeni,
- so zelo tehnološko zahtevni,
- večinoma imajo zunanjega naročnika,
- zelo pogosto je kupec znan vnaprej,
- kakovost, roki in obseg so določeni z obsežno projektno dokumentacijo in pogodbo,
- v projektu sodeluje veliko število podizvajalcev ali kooperantov,
- potrebujejo stalno usklajevanje virov (delavcev, mehanizacije, materialov ...),

- projektna dokumentacija je velikokrat nepopolna ali pomanjkljiva,
- v njih se pogosto srečujejo nasprotujoči se interesi več strank (pogoste težave z zemljišči in gradbenimi dovoljenji),
- trajno posegajo v naravo in prostorsko ureditev,
- njihova odpoved med fazo uporabe lahko povzroči velike človeške in materialne izgube.

Zaradi teh posebnosti je struktura gradbenih projektov in določitev posameznih opravil v posameznih fazah gradbenih projektov pod družbenim nadzorom oz. predpisana z zakonom, kateremu je podvržena predvsem kakovost, ker pogojuje varnost in deloma tudi trajnost objektov.

Glavni objektni cilj gradbenega projekta je torej izvesti projekt, to je izgotoviti objekt, ustrezne kakovosti in skladno s projektno dokumentacijo (KAKOVOST), v okviru predvidenih finančnih sredstev (DENAR) in v vnaprej dogovorjenem časovnem okviru oziroma pogodbenem roku (ČAS). Uspešna realizacija gradbenega projekta tako temelji na ustreznem izboru kombinacije vseh treh komponent gradbenega projekta. Povečevanje/zmanjševanje ene od spremenljivk namreč vpliva na drugi dve, zato je vzdrževanje optimalnega ravnovesja lahko pomemben izziv vsakega projektne managerja. Te cilje lahko grafično prikažemo v obliki trikotnika (Slika 2), kjer vsak cilj predstavlja en kot, izveden gradbeni projekt pa je kompromis med njimi.



Slika 2: Cilji gradbenega projekta (Reflak in sod., 2007)

Da pa bi načrtovane cilje v praksi tudi najenostavneje uresničili, moramo sistematično analizirati predhodno izvedene projekte in se skušati iz njih kar največ naučiti, kar bomo izvedli tudi v tej diplomski nalogi.

3 PRIMER NADVOZA ČEZ ŽELEZNIŠKO PROGO V DIVAČI

3.1 Predstavitev objekta

V obravnavanem primeru gre za projekt izgradnje novega nadvoza nad železniško progo, v okviru modernizacije železniške proge Koper – Divača in rekonstrukcijo odseka regionalne ceste Divača –

Lokev – Lipica. Obravnavani nadvoz služi premostitvi dvotirne proge Divača – Koper z regionalno cesto RI – 205/1026.

Predhodno obstoječi objekt nadvoza je bil izveden v obliki kamnitega oboka in je na tem mestu premoščal obstoječo enotirno progo, ker pa je bila njegova odprtina premajhna za dva tira, je bila potrebna izgradnja novega. Poleg izgradnje novega nadvoza je bila potrebna tudi rekonstrukcija ceste, saj je bil zaradi izgradnje drugega tira železniške proge novi nadvoz večjih dimenzij in tudi nekoliko odmaknjen od predhodnega. Cesta je na mestu križanja odmaknjena proti jugu (glede na predhodno obstoječo), na dolžini 375 metrov, tako da je odmik novega objekta nadvoza od predhodno obstoječega približno 15 metrov. Lokacija novega nadvoza je bila torej izbrana tako, da je bila obstoječa cesta v času gradnje ves čas prevozna preko obstoječega nadvoza, istočasno pa so se bistveno izboljšali tudi horizontalni elementi ceste. Gre za cesto, ki medsebojno povezuje naselji Divača in Lipica, nanjo pa se priključujejo še nekatera druga naselja v tem koridorju. Obstoječa cesta je imela vozišče širine 6,00 do 6,40 m, z obojestransko bankino širine 0,5 m in brez urejenih površin za pešce. Na obravnavanem odseku je prisotna ostra krivina, zaradi česar je hitrost omejena na $v = 40$ km/h. Na levi strani ceste pred nadvozom in za njim se na cesto priključujejo poljske poti, na desni strani za nadvozom pa je priključek krajevne asfaltirane ceste.

Opis in značilnosti nadvoza so povzeti iz tehnološko ekonomskih elaboratov, ki jih je izdelal izvajalec. (Lesjak, 2010).



Slika 3: Stari objekt nadvoza

3.2 Geološko geomehanski pogoji

Na nivoju temelja nadvoza nastopa predkvartarna skalna podlaga, ki jo predstavlja apnenec zgornjekredne starosti. Kraški pojavi, kot so kaverne in kanali v skalni podlagi niso bili ugotovljeni. V dosegu raziskav tudi ni bilo ugotovljeno pojavljanje talne vode.

Vrsta hribine: apnenec.

Prostorninska teža: $\sim 26.6 \text{ kN/m}^3$.

Nadvoz se temelji plitvo, v raščeno skalno podlago s pasovnimi temelji. Dopusna obremenitev temeljnih tal je $q = 1.5 \text{ MN/m}^2$, modul reakcije tal pa $k = 500 \text{ MN/m}^3$. Pričakovani posedki so zanemarljivi.

3.3 Normalni prečni profil cestišča pred in za objektom

Cesta je kategorizirana kot regionalna cesta 1. reda in povezuje Divačo s turistično zanimivim območjem Lipice. Zato se na cesti pojavlja predvsem turistični promet z osebnimi vozili, cestna povezava pa je prav tako zelo zanimiva za kolesarski promet, ki je zato na njej razmeroma pogost. Na obravnavanem odseku promet pešcev trenutno ni prisoten, vendar občina načrtuje realizacijo učne poti do bližnjih naravnih zanimivosti, katere del bo potekal tudi ob tej cesti. Iz tega razloga je na celotni dolžini rekonstrukcije ob desni strani predvidena izgradnja hodnika za pešce.

Dimenzije normalnega profila cestišča:

| | | |
|-------------------------|-------------------|----------------|
| vozni pas | 2 x 3.00 = | 6.00 m |
| robni pas | 2 x 0.30 = | 0.60 m |
| bankina | 1 x 1.00 = | 1.00 m |
| hodnik za pešce | 1 x 1.55 = | 1.55 m |
| <u>berma ob hodniku</u> | <u>1 x 0.50 =</u> | <u>0.50 m</u> |
| širina cestišča | | 9.65 m. |



Slika 4: Pogled na cestišče

3.4 Konstrukcija objekta

Glede na konfiguracijo terena na mestu premostitve, to je globok skalni usek, je izbrana ločna nosilna konstrukcija v obliki segmentnega krožnega loka s statično razpetino 16,61 m in puščico 2,31 m (f/L

=0.14). Tlorisno gledano je obstoječi nadvoz pravokoten na os železniškega tira, medtem ko je novi nadvoz nanjo poševen s kotom poševnosti 73.9° . Lok je armiranobetonski, monolitnega prečnega prereza širine 8.71 m in s konstantno debelino 40 cm. Temeljen je na pasovnih temeljih v kompaktno skalo (apnenec) z dovoljeno obremenitvijo $1,5 \text{ MN/m}^2$. Lok ima polne čelne armiranobetonske zidove z vmesnim zasutjem iz vodoprepustnega kamnitega materiala 0/100 mm. Čelni zidovi so na koncih konzolno podaljšani v krila.

Zgornji ustroj ceste na objektu je enak kot zunaj objekta in teče kontinuirno preko njega. Glede na kraško okolje je izvedena obloga vidnih delov čelnih zidov in kril iz lomljenega kamna v pravilnih plasteh višine 30 do 40 cm in debeline približno 20 cm. Hodniški pasovi z venci se naslanjajo na čelne zidove oz. njihove konzole in segajo do konca kril.



Slika 5: Pogled na novi objekt nadvoza

3.5 Odvodnjavanje

Cestišče na objektu ima konstanten vzdolžni sklon 2.5% in spremenljiv prečni sklon od 2.0 do 7.0 %. Odvodnjavanje vozišča se vrši preko 4 talnih požiralnikov, ki se nahajajo na nadvozu in katerih odvod je speljan v korita v pobočju priključnih nasipov, pred in za objektom. Korita so v kamniti izvedbi s prostim odtokom v vznožju nasipa.

Za vodo, ki pronica skozi zgornji in spodnji ustroj ceste in zasipni material na loku, je urejen še drenažni sistem za temeljem loka s prostim iztokom oziroma v ponikovalnico.

3.6 Hodniški pasovi in ograja

Armiranobetonski hodniški pasovi so izvedeni v padcu, zgornja površina je metličena. Pod konzolo so na obeh straneh obešene po 3 inštalacijske PVC cevi $\text{Ø}110 \text{ mm}$.

Ograje na hodniških pasovih so v standardni jekleni, vroče cinkani izvedbi višine 110 cm. Dodatno so v območju vodov vozne mreže elektrificirane proge pod objektom, ki so pod napetostjo, nameščeni tipizirani varovalni panoji v jekleni izvedbi višine 200 cm.

4 TEHNOLOGIJA GRADNJE

Gradnja bo potekala pri obstoječem stanju tirnih naprav, to je enem elektrificiranem tiru proge Divača – Koper. Betoniranje loka bo potekalo na opažnem odru, ki je zasnovan tako, da zagotavlja prosti profil za enotirno elektrificirano progo s prosto višino 6000 mm nad GRT. Razmeroma plitva oblika loka in njegova mikrolokacija sta tako zasnovani, da to omogočata. Potrebne pa so bile preureditve vozne mreže elektrovleke, tako za čas gradnje, ko je bil obstoječi objekt še v funkciji, kot za končno stanje z dvotirno progo in novim objektom nadvoza.

Gradnjo nadvoza nad železniško progo je prevzelo večje slovensko gradbeno podjetje, ki je projekt izvedlo skupaj s svojimi podizvajalci.

4.1 Faze gradnje

Izgradnja nadvoza bo potekala v delovnih fazah, kot jih prikazuje spodnja preglednica.

Preglednica 1: Delovne faze pri izgradnji nadvoza

| | |
|---|---|
| 1) PRIPRAVLJALNA DELA | 5) KROV |
| <ul style="list-style-type: none">• pripravljala dela in organizacija gradišča• zakoličba objekta• zaščitni ukrepi za varovanje železniškega prometa | <ul style="list-style-type: none">• izdelava horizontalne in vertikalne hidroizolacije (lok in stene nad lokom) in zaščita hidroizolacije• izdelava hodnikov in robnih vencev z vgradnjo robnikov iz naravnega kamna• izdelava kamnite podlage<ul style="list-style-type: none">- nasip iz kamnitega materiala- tamponski sloj• montaža pocinkane ograje, zaščitnih mrež nad železnico na zunanji strani hodnikov• izdelava nosilnega in obrabnega sloja asfalta |
| 2) ZEMELJSKA DELA | 6) ODVODNJAVANJE |
| <ul style="list-style-type: none">• odkop brežin• izkop za temelje in planiranje dna izkopa• izvedba zasipnega klina za oporniki• izvedba nasipov ob krilih in krilnih zidovih | <ul style="list-style-type: none">• izdelava drenaže• izdelava kanalizacije• izdelava jaškov, peskolovov in ponikovalnice• izdelava kamnitih kanalet |
| 3) SPODNJA KONSTRUKCIJA | 7) OSTALA DELA |
| <ul style="list-style-type: none">• izdelava armiranobetonskih slopov za stabilizacijo brežin | <ul style="list-style-type: none">• dobava in montaža kovinske palične ograje |

se nadaljuje...

...nadaljevanje Preglednice 1

| | |
|--|--|
| <ul style="list-style-type: none"> - izdelava temeljev - izdelava vertikalnega slopa • izdelava temeljev loka | <ul style="list-style-type: none"> • dobava in montaža varnostne ograje • dobava in montaža zaščitnih panelov • dobava in montaža plošče z nazivom izvajalca in letom izgradnje objekta • dobava in vgradnja merilnih čepov • izvedba horizontalne in vertikalne prometne signalizacije |
| 4) ZGORNJA KONSTRUKCIJA | 8) UREDITEV CESTNIH PRIKLJUČKOV |
| <ul style="list-style-type: none"> • izdelava nosilne podporne konstrukcije za izdelavo prekladne konstrukcije <ul style="list-style-type: none"> - izdelava loka - izdelava sten nad lokom in kril - izdelava konzol | <ul style="list-style-type: none"> • predдела • voziščne konstrukcije • robni elementi vozišč in bankine • odvodnjavanje in jaški • pokončna oprema cest, oprema za vodenje prometa in zaščitne ograje |

4.2 Pripravljalna dela in organizacija gradbišča

Organizacijo gradbišča se pripravi z izdelavo projekta organizacije gradnje, katerega osnovni cilj je omogočiti optimalno ureditev gradbišča in samega poteka izvajalskih del. To se doseže s skrbnim raziskovanjem in večplastnim oblikovanjem organizacije na vseh strukturnih področjih operativne priprave gradnje.

Projekt organizacije gradnje izdelava izbrani izvajalec del v skladu z varnostnim načrtom, kadar je le ta predpisan. Predstavlja sistematizirano tehnično – ekonomsko dokumentacijo, v kateri so pisno in grafično prikazani vsi organizacijski in tehnološki ukrepi priprav na gradnjo. POG (včasih imenovan tudi tehnično-ekonomski elaborat) predstavlja prehod od projektov objekta do operativne izvedbe in sicer na štirih glavnih strukturnih nivojih:

- *tehnologija*, ki določa način izvedbe,
- *terminski plani*, ki določajo trajanje izvedbe,
- *organiziranje udeležencev*, ki določa dolžnosti posameznikov oz. podjetij v procesu gradnje,
- *ureditev gradbišča*, ki določa dispozicijo operativnega izvajanja (Rodošek, 1998).

Projekt organizacije gradnje naj bi se izvajal v treh zaporednih in medsebojno vzročno povezanih fazah: *organizacijsko - tehnološka priprava*, *idejni POG* in *izvedbeni POG* (Rodošek, 1998).

Projekt organizacije gradnje lahko razdelimo na tri sklope in sicer:

- predhodna preučevanje in pripravljala dela,
- ureditev in dimenzioniranje gradišča,
- planski del projekta organizacije gradnje.

Navedeni sklopi ločeno obravnavajo posamezno tematiko, vendar pa povezani skupaj tvorijo celoto. S projektom organizacije gradnje pričnemo z gradnjo ter spremljamo kasnejši potek del tako v časovnem, finančnem in kadrovskem pogledu, pa tudi v pogledu porabe materiala oziroma napredovanja gradnje.

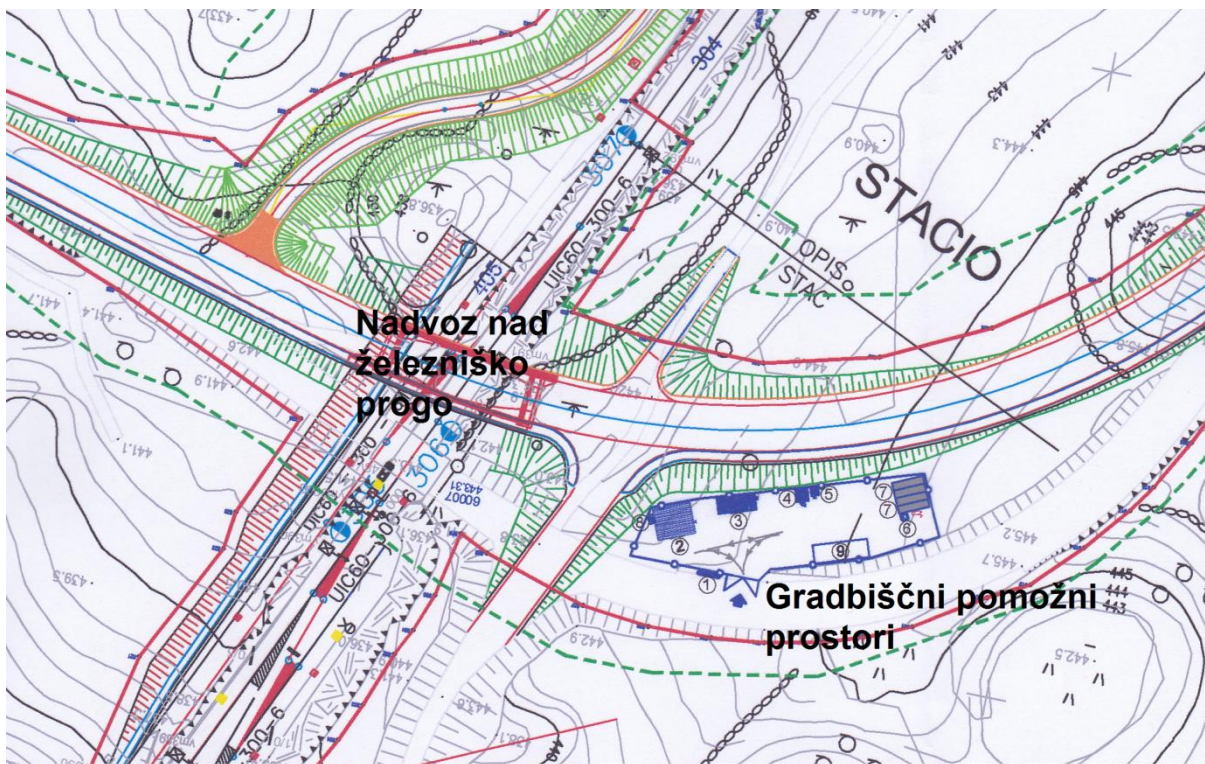
Pred začetkom pripravljanih del pri gradnji nadvoza nad železniško progo je bil izdelan načrt ureditve gradbišča (NUG), ki vsebuje podatke o komunikacijskih poteh na gradbišču (ureditev prometa med gradnjo, naprave za vertikalni transport...), priključkih gradbišča na javno infrastrukturo (elektriko, vodovod, kanalizacijo, dovoz na javno cesto oz. gradbiščne dovozne ceste...), skladiščih, deponijah gradbenega materiala in drugo. Pogojevali so ga naslednji dejavniki:

- tehnologija gradnje,
- razpoložljivo funkcionalno zemljišče,
- komunalna opremljenost zemljišča,
- rok in zahtevnost gradnje,
- razpoložljiva mehanizacija.

Načrt ureditve gradbišča je izdelan v skladu s projektom, na podlagi katerega je bilo izdano gradbeno dovoljenje ter vsemi pravilniki in zakoni, ki se kakorkoli nanašajo na dejavnost gradnje (varstvo pri delu, zagotavljanje varnosti in zdravja delavcev...). Ker pa se dela izvajajo v bližini železniških tirov, je potrebno na območju slovenskih železnic dosledno upoštevati in spoštovati tudi varnostni načrt, ki ga je izdelal Holding Slovenske železnice d.o.o., Ljubljana. V njem so posebej obravnavane aktivnosti, ki se izvajajo na območju železniške infrastrukture in ki so specifične pri izvajanju del na mestu križanja cestne in železniške infrastrukture. Take aktivnosti so:

- nakladanja, prevoz in razkladanje gradbenega materiala ter težkih predmetov ob ali nad progo,
- označitev in zavarovanje nevarnih mest in ogroženih področij na gradbišču (nevarne cone),
- ukrepi varstva pred požarom,
- delo ob potekajočem prometu na železnici,
- delo v bližini električnih vodov visoke napetosti – železniško območje (Varnostni načrt št. 3511/D/VN, 2010 – Slovenske železnice).

Nadvoz nad železniško progo namreč predstavlja točko, kjer se srečujeta dva infrastrukturna sistema, za katera veljajo različni zakoni. S področja železnic je to predvsem Zakon o varnosti v železniškem prometu, ki določa pogoje za varen, urejen in neoviran železniški promet in Pravilnik o varstvu pri delu na železnicah, ki predpisuje ukrepe varstva pri delu na območju železnic.



Slika 6: Situacija nadvoza nad železniško progo in lokacija pomožnih gradbiščnih prostorov

4.2.1 Ureditev prometa med gradnjo

Dostop in dovoz na obravnavano območje je iz obstoječe prometnice.

Uvoz na gradbišče je opremljen s prometnimi znaki:

- II-3: prepoved prometa v obeh smereh in dopolnilno tablo IV-5: dovoljeno za gradbišče,
- II-30: omejitev hitrosti 5 km/h.

Ter tablami za prepovedi, opozorila in obvezno uporabo:

- TP01: vstop nezaposlenim prepovedan,
- TT05: splošna nevarnost,
- tabla za obvezno uporabo zaščitnih sredstev.

Izvoz iz gradbišča pa je opremljen s prometnim znakom:

- II-2: stop.

Gradbišče je urejeno tako, da je omogočeno neovirano in varno izvajanje vseh del. Z različnimi podizvajalci je sklenjen pisni dogovor o skupnem izvajanju varstva pri delu. Vsa dela na objektu se izvajajo pod stalnim strokovnim vodstvom in v sodelovanju s predstavnikom investitorja oziroma nadzornega organa.

4.2.2 Ureditev pomožnih prostorov na gradbišču

Za potrebe gradbišča so na gradbišču zagotovljeni naslednji pomožni gradbiščni prostori:

- Gradbiščna pisarna – kontejner (1x) 6,05x4,88m,
- gradbiščna garderoba – kontejner (1x) 6,05x2,43m,

- gradbiščne sanitarije – VIGRAD (1x) 1,50x1,50m,
- gradbiščna umivalnica – VIGRAD (1x) 1,95x1,95m,
- montažna skladiščna baraka (2x) 5,00x2,50m.

Razporeditev pomožnih prostorov je razvidna iz organizacijske sheme gradbišča oziroma načrta ureditve gradbišča (Priloga A3). Pomožni gradbiščni prostori so opremljeni z ročnimi gasilnimi aparati. Gradbiščna omarica prve pomoči se nahaja v pisarni gradbišča. Vsi gradbiščni pomožni prostori morajo biti dnevno čiščeni in redno vzdrževani.

Na pisarniški kontejner so nameščene table za obvestila:

- NE 22: pomembnejše telefonske številke,
- TG 6!: izvleček požarnega reda,
- TG 6!: znaki za alarmiranje ob nevarnosti naravnih in drugih nesreč.

4.2.3 Ureditev začasnih gradbiščnih inštalacij

4.2.3.1 Električna

Elektro priključek je izveden od obstoječega elektro omrežja. Od elektro omarice do posameznega porabnika se električna energija vodi po gumijastih kabljih, ki ne smejo biti v dosegu prometne komunikacije oziroma je ovirati, zato so montirani na lesenih drogih. V primeru, da obstoječe omrežje ne zagotavlja potrebne priključne moči, se na gradbišču locira elektro agregat moči 30 kW.

Potrebna priključna moč za gradbišče znaša:

- Gradbiščni pomožni prostori 5,00 kW
- Krožna žaga 5,50 kW
- Vibrator za beton: mali 7,00 kW
- Vibrator za beton: veliki 6,90 kW
- Ročno orodje 5,00 kW
- Varilni aparat 10,00 kW.

Konica obtežbe: 39,40 kW.

Potrebna priključna moč (70%): ~ 27,58 kW.

4.2.3.2 Vodovod

Vodovodni priključek se izvede od obstoječega vodovodnega omrežja preko vodomernega jaška in se do posameznih porabnikov vodi po gumijastih ceveh. V kolikor v bližini gradbišča ni vodovodnega omrežja, se za potrebe gradbišča postavi cisterna za tehnološko vodo.

4.2.3.3 Kanalizacija

Gradbiščne odpadne vode iz sanitarij tipa Vigrad po pogodbi odstranjujejo delavci podjetja Vigrad oziroma delavci podjetja, ki bo inštaliralo in upravljalo sanitarije.

4.2.3.4 Gradbiščne dovozne ceste

Dostop in dovoz na obravnavano območje je iz obstoječe prometnice, preko gradbiščne ceste. Gradbiščne dovozne ceste so redno čiščene ter vzdrževane in ne smejo v nobenem trenutku biti založene z gradbenim materialom. Pred izvozom iz gradbišča je urejen prostor, kjer se transportna vozila in gradbeni stroji očistijo, tako da ne onesnažujejo javnih prometnih površin.

4.2.3.5 Deponije gradbenega materiala

Deponije gradbenega materiala so postavljene v ograjenem delu gradbiščnega prostora in so vrisane v organizacijski shemi gradbišča. Material na deponiji v ograjenem delu gradbišča mora biti skladiščen v skladu s predpisi o skladiščenju posameznih vrst gradbenega materiala. Na eni deponiji je lahko skladiščena samo ena vrsta materiala, skladiščenje več vrst materiala na eni deponiji ni dovoljeno. Material na deponiji je zložen tako, da ga delavec lahko doseže s tal in da je na deponiji pregleden.

4.2.3.6 Zavarovanje gradbišča proti okolici

Gradbišče je proti okolici zavarovano s kombinirano gradbiščno ograjo višine 2,00 m. Uvoz in izvoz iz gradbišča je zavarovan z gradbiščnimi vrati višine 2,00 m in širine 5,00 m ter ustreznimi prometnimi znaki.

4.2.3.7 Naprave za vertikalni transport

Po potrebi se za vertikalni transport uporablja avtodvigalo. Pri uporabi avtodvigala mora biti okolica urejena tako, da ima upravljalec omogočen ustrezen pregled nad delom. V manipulacijskem prostoru avtodvigala ne sme biti prostih ali kabelskih zračnih vodov.

4.3 Mehanizacija in uporabljeni materiali

Pri izvedbi nadvoza nad železniško progo in izgradnji ter rekonstrukciji odseka ceste je bila uporabljena mehanizacija, transportna sredstva in oprema, navedena v preglednici 2.

Preglednica 2: Uporabljena mehanizacija

| STROJ | VRSTA DEL |
|--------------------------------------|--|
| Bager | Izkopi, zasipi, nasipi, nakladanje |
| Rovokopač | Izkopi, zasipi, nasipi, nakladanje |
| Valjar | Komprimiranje nasipnega in zasipnega materiala |
| Nabijalo | Komprimiranje nasipnega in zasipnega materiala |
| Kamion (prekucnik) | Transport |
| Avtomešalec | Transport betona |
| Betonska črpalka | Vgrajevanje betona |
| Vibratorji za beton | Vgrajevanje betona |
| Krožna žaga | Tesarska dela |
| Potopne vodne črpalke | Črpanje vode |
| Sistemski opaži (DOKA, NOE, BETOMAX) | Tesarska dela |
| Avtodvigalo | Vertikalni transpost na gradbišču |
| Elektro agregat | Proizvodnja električne energije |
| Drobno ročno orodje | Razna dela |

V preglednici 3 podajam izvleček in količine pomembnejših uporabljenih materialov po sklopih pri izvedbi nadvoza.

Kot zasipni in nasipni material se delno uporablja material od izkopa, delno pa je pripeljan iz kamnoloma Črni Kal. Cementni betoni vseh trdnostnih razredov se pripravljajo po zahtevah projekta betona in po sestavi proizvajalca betonov, na atestirani betonarni Kraškega zidarja d.d. v Dekanah in so prirejeni za transport s črpalko. Betoni tlačne trdnosti C 25/30 in C 30/37, ki se armirajo, zadoščajo zahtevam glede tlačne trdnosti, odpornosti proti prodoru vode ter odpornosti površine betona proti zmrzovanju in tajanju, brez in v prisotnosti talilnih soli. Omenjene lastnosti se preverja po standardiziranih postopkih, na odvzetih betonskih preizkušancih. Uporabljena armatura je izdelana in vgrajena v skladu s predpisanimi pogoji in armaturnim načrtom. Rezanje in krivljenje armature poteka v železokrivnici, nato pa se le ta pripelje na gradbišče in uskladišči na za to pripravljeni deponiji. Polaganje in vezanje armature poteka klasično, kot opaž pa so uporabljeni Doka elementi. Asphalt izvira iz asfaltne baze CP Koper d.d. v Senožečah.

Preglednica 3: Povzetek in količine uporabljenih materialov

| Material | Količina |
|--|-----------------------|
| ZEMELJSKA DELA | |
| Strojni odriv humusa | 80,0 m ³ |
| Strojni izkop | 1265,0 m ³ |
| Zasip s komprimiranjem zemljine | 42,0 m ³ |
| Nasipi tampona 0/32 mm | 820,0 m ³ |
| Nasipi drobljenca 0/100 mm | 112,0 m ³ |
| TESARSKA DELA | |
| Enostavni opaži za pomožne konstrukcije iz nearmiranega betona | 10,0 m ³ |

...se nadaljuje

...nadaljevanje Preglednice 3

| | |
|---|----------------------|
| Opaži armiranobetonskih stopenj za stabilizacijo brežin | 105,0 m ³ |
| Opaži temeljev loka | 78,0 m ³ |
| Opaži bočnih strani ločnih konstrukcij | 338,0 m ³ |
| Opaži kril | 85,0 m ³ |
| Opaži robnih vencev | 90,0 m ³ |
| BETONSKA IN ARMIRANOBETONSKA DELA | |
| Pusti - podložni beton C 12/15 | 6,0 m ³ |
| Armirani beton za izvedbo stopenj za stabilizacijo brežin C 25/30 | 82,0 m ³ |
| Armirani beton za temelje loka, ločno konstrukcijo, bočne stene nad obokom, konzolna krila krajnih opornikov ter robne vence in hodnike C 30/37 | 348,0 m ³ |
| Armatura S 500, različnih profilov | 38.000 kg |
| DELA V JEKLU | |
| Železna palična ograja z vertikalnimi polnili | 75,5 m |
| Jekleni zaščitni paneli | 52 m ² |
| Jeklena varnostna ograja | 88,7 m |
| ZIDARSKA IN KAMNOSEŠKA DELA | |
| Robniki iz naravnega kamna (granit) 20/20 cm | 62,7 m |
| Betonski robniki 15/25 cm | 20,0 m |
| Obloge iz naravnega kamna | 170,0 m ² |
| HIDROIZOLACIJA IN GORNJI USTROJ VOZIŠČA | |
| Hidroizolacija betona na stiku z zemljino (2 x hladni bitumenski premaz in zaščita z geotekstilom) | 120,0 m ² |
| Hidroizolacija nad ločno konstrukcijo (osnovni bitumenski premaz, bitumenska lepilna masa, bitumenski hidroizolacijski trakovi debeline 5 mm) | 387,0 m ² |
| Nasip iz kamnitega materiala 0/100 mm (tamponska podlaga) | 112,0 m ³ |
| Tamponski drobljenec TD 0/32 mm | 230,0 m ² |
| Bitudrobir BD 0/22 v debelini 8 cm | 230,0 m ² |
| Bitumenski beton BB 0/8 mm v debelini 3 cm | 230,0 m ² |
| Trajno elastična masa in bitumenska tesnilna masa | 174,0 m |

4.4 Zemeljska dela

Pred pričetkom zemeljskih del je bilo potrebno pri predstavnikih upravljalcev komunalnih vodov preveriti lokacije posameznih vodov na terenu. Po odstranitvi travne ruše in humusa se prične s strojnimi odkopom brežin za gradnjo opornih stopenj s pikiranjem v teren V. kategorije in odvozom materiala na mesto nasipa. Odkop se izvaja v vertikalnih kampakih, odvisnih od vrste in stanja brežine in služi neposredno kontaktnemu betoniranju. Sledi strojni izkop temeljev ter strojno in ročno planiranje dna gradbenih jam, ki se izvaja pred vgradnjo podložnega betonskega sloja.

Izkopi se izvajajo s hidravličnim bagrom kopačem ter z bagrom s hidravličnim kladivom (»pikerjem«). Po potrebi je bilo izvedeno lokalno miniranje, za kar je bil izdelan posebni projekt. Izkopani material se s kamioni - prekucniki odvaža v nasip za razširitev tirov na glavni pristaniški postaji (GPP).

Seznam uporabljene mehanizacije podajamo v preglednici 4.

Preglednica 4: Uporabljena mehanizacija pri izvajanju zemeljskih del

| MEHANIZACIJA | DEJAVNOST |
|--------------------------------|----------------------------|
| Rovokopač | Izkopi, odrivi, nakladanje |
| Buldozer | Izkopi in odrivi |
| Bager | Izkopi in nakladanja |
| Kamioni s kesonom (prekucniki) | Odvozi zemeljskih mas |

4.5 Spodnja konstrukcija

4.5.1 Izdelava temeljev in armiranobetonskih stlpov za stabilizacijo brežin

Dela pri izvedbi spodnje konstrukcije nadvoza se izvajajo v treh fazah.

1.FAZA: izdelava temeljev armiranobetonskih stlpov za stabilizacijo brežin, ki se izvedejo s kontaktnim betoniranjem.

2.FAZA: izdelava armiranobetonskih stlpov za stabilizacijo brežin, pri čemer se za opaženje uporabijo tipski sistemski enostranski opaži s sidranjem v temelj zidu.

3.FAZA: izdelava temeljev loka, ki je temeljen na pasovnih temeljih v kompaktno skalo (apnenec). Za opaženje se uporabijo tipski sistemski in klasični opaži.

Temelji stlpov in stlopi so izdelani iz betona C25/30, XD1, XF2, PVII in armirani z rebrasto armaturo BSt 500 S (B), temelji loka pa iz betona C30/37. Armatura (jeklo za ojačitev) se pripravi v skladu s predpisanimi pogoji in vgradi točno po armaturnem načrtu. Na gradbišče pripeljana armatura je rezana in krivljena v železokrivnici. Polaganje in vezanje armature poteka klasično, nato pa se namesti opaž. Cementni betoni se pripravljajo po zahtevah projekta in po sestavi proizvajalca betonov na atestirani betonarni. Beton je prirejen za transport s črpalko.

Izdelava temeljev stlpov in stlpov poteka v naslednjih fazah:

- nameščanje opaža,
- nameščanje armature v opaž,
- zapiranje opaža (namestitev čelnih stranic opaža),
- betoniranje,
- razopaženje in nega betona.

4.5.2 Postopek betoniranja temeljev

Po prevzemu dna gradbene jame s strani nadzornega organa se zabetonira podlaga iz podložnega betona C 12/15, ki mora biti širša od samega temelja za 10 cm. Betonska podlaga se nato najprej očisti, sledi postavitve opaža s štirih strani ter polaganje armature, ki se pripravi in položi skladno z armaturnim načrtom.

Betoniranje temeljev se prične, ko je položena in zvezana vsa armatura po projektu ter nameščen opaž. Opaž je potrebno namestiti tako, da je zagotovljen zaščitni sloj armature. Betoniranje se izvaja direktno iz avtomešalca oziroma s pomočjo betonske črpalke in se vrši v slojih debeline do 50 cm. Časovni razmik med posameznimi sloji je takšen, ki omogoča popolno revibriranje spodnjega sloja. Vibriranje poteka s pervibratorskimi iglami in mora zagotoviti gladko površino po razopaženju in brez segregiranih mest.

Seznam uporabljene mehanizacije in opreme podajamo v preglednici 5.

Preglednica 5: Uporabljena mehanizacija in oprema pri betoniranju temeljev

| MEHANIZACIJA/OPREMA | DEJAVNOST |
|--|---|
| Avtodvigalo | Dviganje opaža |
| Črpalka za beton | Vertikalni transport betona |
| Avtomešalec | Prevoz betona |
| Kamioni s kesonom | Prevoz opaža, armature in drugih materialov |
| Tipski stenski opaži/vezane plošče in gradbeni les | Izdelava opažev |

4.5.3 Nega in staranje betonov

Da beton doseže pričakovane projektirane lastnosti, sta potrebna temeljita nega in zaščita, ki morata trajati primerno dolgo. Minimalni čas negovanja znaša sedem dni, toda ne manj, kot je potrebno, da beton doseže 60% projektirane tlačne trdnosti (SIST EN 206-1, 2003).

Beton se neposredno po betoniranju zaščiti pred:

- prehitrim izsuševanjem,
- prehitro izmenjavo toplote med betonom in zrakom,
- padavinami ter
- visokimi in nizkimi temperaturami (SIST EN 206-1, 2003).

Zato je takoj po betonaži potrebno izvesti ustrezne zaščitne ukrepe. Pred prehitrim izsuševanjem beton zaščitimo s stalnim močenjem in škropljenjem z vodo oziroma prekrijemo vse vidne dele betona, ki niso v opažu, z juto, ki mora biti stalno vlažna.

Pred padavinami beton zaščitimo s PVC folijo, s katero prekrijemo celotno betonsko konstrukcijo, ki je izpostavljena vplivu padavin.

V primeru nizkih temperatur po izvršeni betonaži beton zaščitimo z naslednjimi ukrepi:

- betonu se poleg stalnih dodatkov doda cementol B kot antifriz (TKK Srpenica),
- betonsko konstrukcijo obložimo oziroma prekrijemo z izolacijskimi ploščami – polistiren debeline minimalno 5 cm in PVC folijo,
- betonsko konstrukcijo po potrebi ogrevamo.

Prvo zaščito po zgoščevanju betona, pred soncem in vetrom omogoči sam opaž. Po samem razopaženju pa je potrebno nadaljevati z nego betona, s katero preprečimo prezgodnje izsuševanje. Betonske površine, ki niso predvidene za nadaljevanje stikovanja, se takoj po razopaženju zaščitijo s pobrizgom Kontrasola proizvajalca TKK Srpenica. S pobrizgom preprečimo prehitro izparevanje vode iz svežega betona in zaščitimo sveže betonske površine pred vplivom sonca, vetra in dežja.

4.5.4 Izvedba zasipa za zidovi in temelji

Zasip za zidovi in temelji se izvede z nevezljivo zemljino in sicer tako, da je priključna brežina odmaknjena od razbremenilne konzole vsaj 0,50 m, ob peti temelja pa vsaj 0,25 m. Nagib obstoječe brežine raščenege terena mora biti v naklonu 1:1 do 2:1. Veliko pozornosti je bilo posvečene komprimiranju, s čimer smo pospešili konsolidacijski postopek. Ker prostor med priključno brežino in zidom ni omogočal uporabe večjih komprimacijskih strojev oziroma stroji z večjo komprimacijsko energijo tudi niso dovoljeni zaradi prevelikih dinamičnih vplivov na krajni opornik premostitvenega objekta, je bila komprimacija izvedena z manjšimi komprimacijskimi sredstvi (vibracijska plošča ali ročni mali vibracijski valjar). Komprimacija je potekala v slojih debeline največ 25-30 cm. Zgoščenost vsake plasti zasipa je izvajalec preverjal z rezultati tekočih preiskav.

Seznam uporabljene mehanizacije podajamo v preglednici 6.

Preglednica 6: Uporabljena mehanizacija pri izvedbi zasipa za zidovi in temelji

| MEHANIZACIJA | DEJAVNOST |
|--------------------------------|--|
| Rovokopač | Izkopi, odrivi, nakladanje |
| Buldozer | Izkopi in odrivi |
| Bager | Izkopi in nakladanja |
| Valjar | Komprimiranje slojev |
| Vibracijska plošča | Komprimiranje slojev |
| Kamioni s kesonom (prekucniki) | Dovozi in odvozi zemeljskih mas in nasipnega materiala |

4.5.5 Vertikalna hidroizolacija

Na delih objekta, ki so bili kasneje zasipani, je bila hidroizolacija izvedena v sledečem sestavu:

- 1x hladni bitumenski premaz,
- 2x vroči bitumenski premaz (ali bitumenski trakovi),
- zaščita s polstjo.

Najprej so bili deli objekta premazani s hladnim bitumenskim premazom, pri čemer se premaz lahko nanaša le na suho, čisto in ravno površino. Betonska površina je bila zato predhodno izpihana (očiščena) s komprimiranim zrakom. Hladen premaz se nato vtre v betonsko površino, nadaljnji (drugi) premaz pa mora zapreti vse pore na betonski površini. Izvedeno hidroizolacijo se pred izvedbo zasutja izoliranih delov konstrukcije zaščiti še s polstjo.

4.6 Zgornja konstrukcija

Zgornja konstrukcija je izdelana iz betona C30/37, XF2, XD1 in ojačana z armaturo BSt 500 S (B).

Izvedba prekladne konstrukcije je potekala z betoniranjem v treh fazah.

1. FAZA: betoniranje loka prečnega prereza širine 8,71 m in s konstantno debelino 40 cm.
2. FAZA: betoniranje čelnih zidov.
3. FAZA: betoniranje konzol čelnih zidov.

4.6.1 Tehnologija opaženja

Ker je bilo potrebno v času izgradnje nadvoza v območju pod ločno konstrukcijo zagotavljati prosti profil za enotirno elektrificirano progo s prosto višino 6000 mm nad GRT je morala biti temu prilagojena tudi nosilna konstrukcija opaža. Ta je bila izvedena na dva načina. V profilu obstoječe železniške proge predstavljajo nosilno konstrukcijo opaža jekleni rešetkasti oziroma palični nosilci, podprti s tipskimi jeklenimi podpornimi stolpi.

Nosilna konstrukcija v profilu obstoječe železniške proge ima naslednje nosilne elemente:

- jeklene rešetkaste (palične) nosilce HUNNEBECK SL 15, sestavljene iz standardnih tipskih elementov,
- podpore sestavljene iz standardnih tipskih elementov (STAXO stolpi)
- prečne kovinske HEB nosilce,
- spojni material in cevni oder.

Levo in desno od profila obstoječe železniške proge pa predstavljajo nosilno konstrukcijo opaža tipski kovinski profili podprti z jeklenimi podpornimi stolpi.

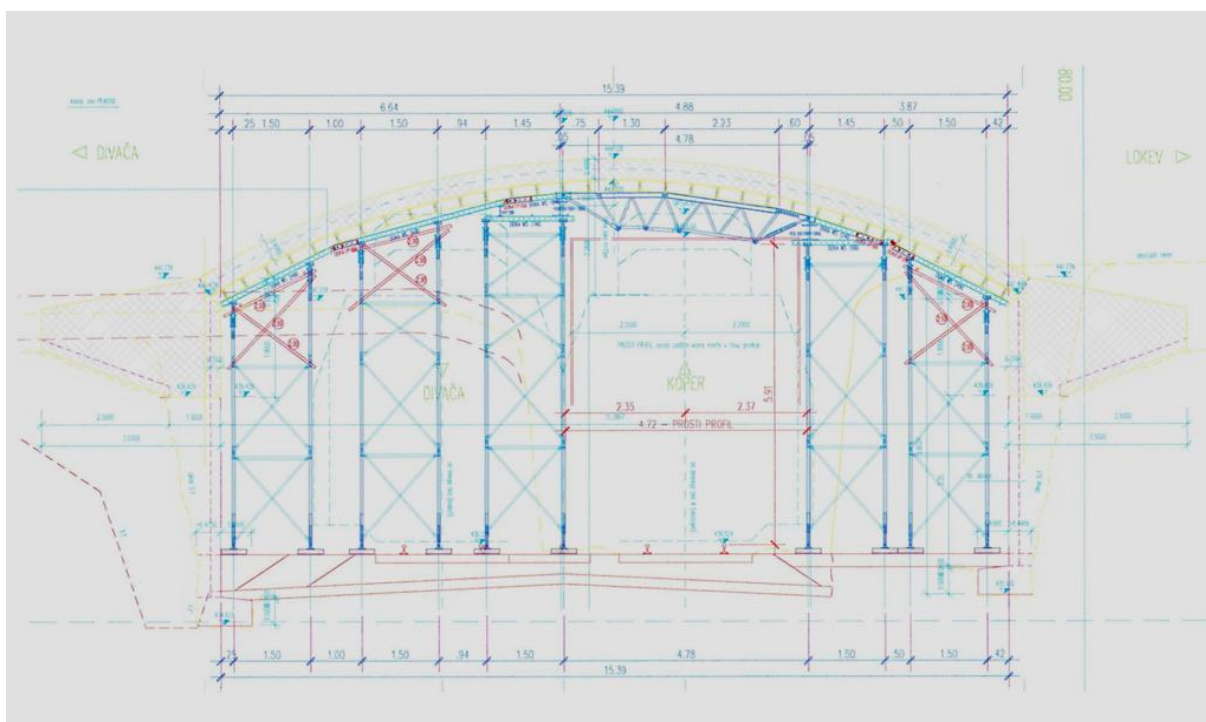
Nosilna konstrukcija ima naslednje nosilne elemente:

- DOKA WS10 kovinski profili,
- podpore sestavljene iz standardnih tipskih elementov (STAXO stolpi),
- podložne AB plošče 50/50/10 cm.

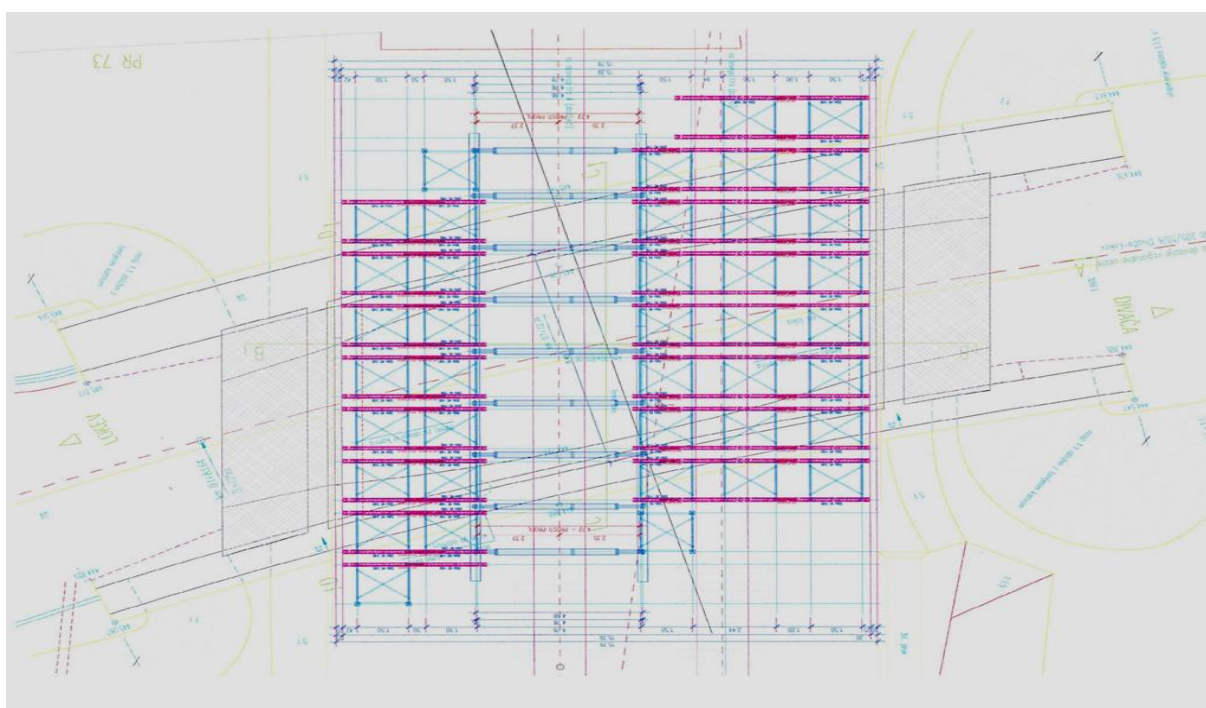
Opaž sestavljajo tipski impregnirani leseni elementi:

- gredice H20,
- opažne plošče (finska plošče, bosna plošče, bled plošče),
- rezan les (morali, deske, plohi).

Za nosilni oder je bil izdelan projekt opaženja in začasnih konstrukcij (POZK), ki zagotavlja stabilnost objekta med betoniranjem in strjevanjem betona. Vsebuje natančen opis načina opaževanja in izdelave začasnih konstrukcij, statični izračun podporne in opažne konstrukcije, zapisnike in navodila za pregled konstrukcije, specifikacije opažnega materiala ter tlorise, vzdolžne in prečne prereze iz katerih je razvidna geometrija in postavitev opažnih elementov in nosilne konstrukcije.



Slika 7: Načrt nosilne konstrukcije opaža (vzdolžni prerez)



Slika 8: Načrt nosilne konstrukcije opaža (tloris)

4.6.2 Betoniranje loka, sten in konzol

Pred začetkom betoniranja prekladne konstrukcije je bilo potrebno opraviti pregled in prevzem nosilnega jeklenega podpornega odra in prevzem položene armature. Beton je bil pripravljen v

atestirani betonarni. Transport svežega betona do gradbišča se je vršil z avtomešalci, gradbiščni transport do mesta vgrajevanja pa s črpalko za beton. Pred vgrajevanjem se je izvedla kontrola konsistence betona. V primeru zmanjšane obdelavnosti svežega betona zaradi zastojev pri transportu ali drugih morebitnih vzrokov, se je le ta na gradbišču popravljal z dodajanjem ustreznega kemijskega dodatka v avtomešalec. Beton se je vgrajeval s pomočjo betonske črpalke in sicer:

- v loka v dveh slojih debeline 20 cm,
- v stene v slojih do 50 cm,
- konzolo v enem sloju 22-30 cm.

Zgoščevanje betona je potekalo s pervibratorskimi iglami, zato je moral biti časovni razmak med posameznimi sloji takšen, da je omogočal popolno revibriranje spodnjega sloja. Zgornja površina konzol je bila nato izvlečena z aluminijastimi letvami, ki so drsele po pomožnih profilskih letvah. Sledila je obdelava površine s plastičnimi in lesenimi zidarskimi gladilkami.

Seznam uporabljene mehanizacije podajamo v preglednici 7.

Preglednica 7: Uporabljena mehanizacija pri betoniranju loka, sten in konzol

| MEHANIZACIJA/OPREMA | DEJAVNOST |
|---------------------|---|
| Avtodvigalo | Montaža in demontaža podporne konstrukcije |
| Črpalka za beton | Vertikalni transport betona |
| Avtomešalec | Prevoz betona |
| Kamioni s kesonom | Prevoz opaža, podporne konstrukcije in drugih kosovnih materialov |

4.6.3 Nega in staranje betona

Da beton doseže s projektno dokumentacijo določene lastnosti, zlasti v krovnem (zaščitnem) sloju, sta potrebna temeljita nega in zaščita, ki morata trajati primerno dolgo. Nego in zaščito začnemo v čim krajšem času po opravljenem zgoščevanju, s čimer preprečimo prezgodnje izsuševanje betonske površine, ki lahko bistveno vpliva na trajnost in mehanske lastnosti betona. Način negovanja je določen pred pričetkom del na gradbišču, glede na vremenske razmere v času izvajanje betonerskih del. V primeru močnejšega vetra in sonca pričnemo nego izvajati med samo betonažo z oprševanjem z motorno škropilnico, ki tvori fino meglo (drobne vodne kapljice). Betonirane površine so bile prekrte z omočenim polstom, na katerega je bila položena plastična folija in sicer takoj, ko je bilo mogoče brez odtisa stopiti na površino betona. Med staranjem betona se je izvajala kontrola vlažnosti polsti, ki je bila običajno omočena trikrat dnevno.

4.7 Krov

Izdelava krova obsega:

- »pranje« loka, sten in konzol, izvedba in zaščita hidroizolacije,
- izdelava hodnikov in robnih vencev,
- naprava kamnite podlage: nasip iz kamnitega materiala in tamponski sloj,
- montaža ograj,
- izdelava asfalta,

- montaža prometne signalizacije.

4.7.1 »Pranje« loka, sten in konzol in hidroizolacija

S površine cementnega betona je potrebno najprej odstraniti cementno mleko, morebitne cementne strdke, nevezani material in druge nečistoče, kar se izvede s pranjem površine z vodnim curkom visokega pritiska (800-1400 barov). Hrapavost površine cementnega betona mora znašati med 0,8 in 2 mm. Betonska površina je bila nato še izpihana s komprimiranim zrakom. Na tako očiščeni betonski podlagi je sledil nanos osnovnega hladnega bitumenskega premaza, ki ga nanašamo z valjčkom, pri čemer je potrebno paziti, da je le ta enakomerno in dobro vrt. Temperatura podlage, na katero smemo nanašati komponente hidroizolacije mora biti v območju od 8 do 40 °C. Pred pričetkom izvedbe hidroizolacije je bil izveden prevzem podlage, ki zajema vizualni pregled, meritev površinske hrapavosti (po pripravljeni podlagi mora le ta znašati med 0,5 in 1 mm), meritev površinske sprijemnosti ter vsebnosti vlage. Najprej je bila izvedena hidroizolacija na delu prekladne konstrukcije, kjer so hodniki. Bitumensko lepilno zmes se ob stalnem mešanju segreva v atestiranem kotlu do temperature 220 °C. Bitumenske trakove se nato razvije in navije na PVC nosilno cev premera 10 cm. Razvijanje bitumenskih trakov se izvaja s predgretjem s plinskim gorilcem, pri čemer je potrebno vso površino traku ogreti v takšni meri, da počrni. Podlivanje bitumenske lepilne zmesi pod bitumenski trak se vrši z vrtnarsko kanglico in se jo razgrinja s pritiskom traku. Prečni preklop traku mora znašati vsaj 8 cm, vzdolžni pa najmanj 10 cm. Takoj po izvedbi in do časa betoniranja hodnikov je potrebno hidroizolacijo pred mehanskimi poškodbami zaščititi. Pred izvedbo asfalta na vozišču se izvede še hidroizolacija po vsej površini vozišča, pri čemer je postopek izdelave hidroizolacije na voziščni plošči enak izdelavi hidroizolacije pod hodniki.

Faze izvedbe hidroizolacije:

- očiščenje podlage,
- nanos osnovnega hladnega bitumenskega premaza,
- vgrajevanje bitumenske lepilne zmesi,
- lepljenje hidroizolacijskih lepilnih trakov na predhodno pripravljeno podlago,
- izdelava zaščitne plasti hidroizolacije iz betona.

Seznam uporabljene mehanizacije in opreme podajamo v preglednici 8.

Preglednica 8: Uporabljena mehanizacija in oprema za izvedbo hidroizolacije

| MEHANIZACIJA/OPREMA | DEJAVNOST |
|-------------------------------------|--|
| Naprava za kuhanje bitumenske zmesi | Montaža in demontaža podporne konstrukcije |
| Kamioni s kesonom | Dovozi bitumenske zmesi, trakov, predpremazov in drugega materiala |

4.7.2 Izdelava hodnikov in robnih vencev

Armiranobetonski hodniški pasovi so izvedeni v padcu, 4 % na eni in 2 % na drugi strani, proti vozišču, zgornja površina je metličena. Pod konzolo so na obeh straneh obešene po 3 inštalacijske PVC cevi Ø110 mm. Hodniki z robnimi venci so izdelani iz betona C30/37, XF4, XD3 in ojačani z armaturi BSt 500 S (B). Pogoj za izdelavo sta predhodno izdelana hidroizolacija pod hodniki in položeni granitni robniki.

Izdelava robnih vencev in hodnikov poteka s pomočjo montažnih opažnih vozičkov tipa Betomax in Betomax konzol, ki so namenjene izdelavi robnih vencev pri mostovih in viaduktih.

Postopek izdelave hodnikov in robnih vencev po sistemu Betomax je sledeč:

- namestitev pomičnega delovnega vozička,
- montaža Betomax konzol,
- namestitev armaturnega koša v hodnike in robne vence,
- vezanje armature na sidrno armaturo, ki sega iz konzole,
- betoniranje hodnika in robnih vencev,
- metličenje betonske površine hodnika,
- nega betona.

Pri izdelavi hodnikov in robnih vencev se beton vgrajuje v enem sloju, direktno iz avtomešalca oz. s pomočjo avtočrpalke. V primeru pregostega betona se na licu mesta z namenom uravnavanja konsistence betona lahko doda superplastifikator, a le v primeru da ni pretekla ena ura od časa zamešanja betona. O njegovi količini odloča odgovorna oseba za kontrolo proizvodnje betona, ki izvaja tudi kontrolo konsistence betona pred in po dodajanju superplastifikatorja. Nega in staranje betonov poteka na enak način kot pri izvedbi zgornje konstrukcije.

4.7.3 Izdelava asfalta

Asfalterska dela se izvaja v vremenu, ko pri vgrajevanju ni padavin in znaša temperatura podlage in zraka nad 5°C. Asfaltne zmesi so proizvedene v atestirani asfaltni bazi in transportirane na gradbišče s kamioni prekucniki nosilnosti 10-20 ton, ki so primerni za zvrčanje asfaltne zmesi v finišer. Asfaltna zmes mora biti med prevozom pokrita z ustreznimi ponjavami zaradi preprečevanja ohlajanja, notranje površine kovinskih kesonov pa je potrebno pred natovarjanjem pobrizgati s sredstvom za preprečevanje zlepenja. Proizvedena asfaltna masa se vgrajuje z asfaltnim razgrinjevalcem (finišerjem) z nastavljivo višino, pri čemer mora vgrajevalni učinek finišerja pri razprostiranju bituminizirane zmesi zagotoviti najmanj 85 % zgoščenosti. Zgoščevanje do predpisane vrednosti se izvede z valjarji. Asfaltne plasti sestavljata 8 cm plast bitudrobirja BD 0/22 mm in 3 cm debela plast bitumenskega betona BB 0/8 mm.

4.8 Voziščne konstrukcije

Pogoj za začetek vgrajevanja kamnitih agregatov so ustrezno pripravljena temeljna tla. Ureditvev planuma vključuje pripravo temeljnih tal po izvršenem površinskem, širokem izkopu v zemljini oziroma kamnini. Najprej se tla grobo splanirajo in izvrši zgoščevanje površinske plasti temeljnih tal, pri čemer mora biti vlažnost temeljnih tal tolikšna, da pri zgoščevanju doseže predpisano gostoto. Z navozom kamnitega materiala se lahko prične, ko je podlaga prevzeta s strani nadzornega organa, pri čemer se materiala ne sme navažati po planumu spodnje plasti, temveč le po že razprostrti plasti kamnitega materiala. Materiali se razprostirajo strojno, z buldozerjem za čelno razgrinjanje materiala

in grobo planiranje položenih slojev. Z buldozerjem se material porine na pripravljeno površino temeljnih tal ter grobo razgrne v celotni debelini do primerne ravnosti. Sledi utrjevanje s 3 do 4 prehodi z globinsko vibracijo in 2 do 3 prehodi s površinsko vibracijo, za kar se uporabi ustrezna valjarja. Zgoščenost vsake plasti se dokazuje z rezultati tekočih preiskav. Spodnja meja vrednosti ne sme biti manjša za več kot 2 % od zahtevane povprečne vrednosti. Ravnost v poljubni smeri na os ceste lahko odstopa od 4 m dolge merilne letve ali merilne ravnine največ 20 mm. Pred nadaljevanjem vgrajevanja naslednje plasti se izvede nivelman in prevzem s strani nadzornega inženirja. Na tako pripravljeno kamnito podlago se lahko vgradijo predvidene asfaltne plasti.

Preglednica 9: Uporabljena mehanizacija in oprema pri izdelavi voziščne konstrukcije

| MEHANIZACIJA/OPREMA | DEJAVNOST |
|--------------------------------------|----------------------------------|
| Finišer | Vgrajevanje asfalta |
| Valjar | Komprimiranje položenega asfalta |
| Stroj za pobrizg bitumenske emulzije | Pobrizg emulzije |
| Kamioni s kesonom (prekucniki) | Prevoz asfaltne mešanice |

5 ANALIZA IZRABE DELOVNEGA ČASA IN DELOVNE SILE

5.1 Izraba delovnega časa

Kot je razvidno iz gradbenih dnevnikov, se je sama gradnja objekta nadvoza in rekonstrukcija odseka ceste začela maja 2010 in se končala novembra 2011, kar pomeni, da je trajala praktično leto in pol. Glede na obseg izvedenih del, ki predstavljen v poglavju 4 in povzet v Preglednici 1, je jasno, da bi ob kontinuirnem in nemotenem poteku gradnje 'projekt moral biti končan mnogo prej. Formalno je bil objekt dokončan v pogodbenem roku, saj sta le tega pogodbenika med gradnjo sporazumno podaljšala. To nakazuje na dejstvo, da so bili med gradnjo prisotni številni moteči dejavniki, predvsem organizacijske in administrativne narave, ki so povzročali številne prekinitve dela.

Kljub temu, da so betonerska dela in vsa poznejša dela na objektu potekala pri delujočem stanju tirnih naprav, saj je bil opazni oder zasnovan tako, da je zagotavljal prosti profil za enotirno elektrificirano progo, pa so predvsem zemeljska dela (pikiranje) in dela pri postavitvi opazne konstrukcije morala potekati ob zapori železniške proge. Dovoljenja za zaporo železniške proge izdajajo Slovenske železnice kot upravljalec proge, pri čemer seveda zasledujejo lastne interese o čimbolj nemotenem poteku železniškega prometa, zato zapora pogosto ni možna ravno v času, ko bi izvajalec to potreboval zaradi nadaljevanja del. Izvajalec mora v tem primeru izvajanje del na gradbišču prekiniti in delovno silo iz tega gradbišča preusmeriti na drugo gradbišče, kar povzroča dodatne stroške in izgubo časa. Poleg tega so bile na območju gradbišča potrebne tudi preureditve vozne mreže elektrovlak, ki jo izvajajo za to usposobljeni strokovnjaki SŽ. Načeloma bi ta dela morala biti izvedena pred pričetkom gradnje, vendar so se nekatera izkazala šele med gradnjo in zopet se je bilo potrebno dogovarjati s predstavniki SŽ in čakati na izvedbo del. Nekatera dela so potekala tudi ob

prisotnosti čuvaja iz SŽ. To so nekateri dejavniki, zaradi katerih je v obravnavanem primeru prihajalo do številnih prekinitev dela.

Nadalje je do zelo dolge, skoraj 4 mesečne prekinitve izvajanja del prišlo po ugotovitvi dodatnih, nepredvidenih del pri izgradnji, zaradi česar je izvajalsko podjetje Direkciji RS za vodenje investicij v javno železniško infrastrukturo, kot investitorju, posredovalo zahtevek za odobritev dodatnih del. Ker odgovora s strani investitorja oziroma nadzornega organa niso prejeli, so dela na gradbišču ustavili. Izkazalo se je, da je Direkciji RS za vodenje investicij v javno železniško infrastrukturo administrativno zelo kompleksna institucija, ki je razdeljena na ogromno sekcij, ki pokrivajo različna področja, zato so postopki sprejemanja in potrjevanja odločitev zelo zapleteni.

Pri obravnavanju zastojev v izvedbi projekta je potrebno upoštevati tudi dejstvo, da poskuša po začasni prekinitvi del na gradbišču izvajalsko podjetje preusmeriti vire (delovno silo in mehanizacijo) na drugo gradbišče z namenom, da optimizira njihovo izkoriščenost na nivoju podjetja. Premeščanje po drugi strani povzroča precejšnje stroške (transport, organizacija...) in znižanje produktivnosti dela, zato bo podjetje svoje proizvodne vire zadržalo na drugem gradbišču toliko časa, da bo izvedlo določeno zaključeno etapo del in jih ne bo takoj preusmerilo na predhodno gradbišče, četudi je vzrok, ki je povzročil prekinitev del že odpravljen. Gre torej za vprašanje racionalne izrabe virov proizvodnje (delovne sile, mehanizacije, opreme...) in organizacije delovnega časa v izvajalskem podjetju. Na tem mestu si torej postaneta cilj projekta in cilj izvajalskega podjetja nasprotujoča. Podjetje namreč želi optimizirati izrabo svojih virov, projekt pa, da se mu alocira vire takoj, ko razlog za prekinitev izgine. Pogovori s predstavniki izvajalca nakazujejo, da do tovrstnih težav prihaja predvsem pri gradnji infrastrukturnih objektov, kjer kot naročnik del nastopa neka državna institucija, organ ali podjetje, ki upravlja z nekim sistemom/infrastrukturo na podlagi državnega pooblastila (tudi na ravni lokalnih skupnosti, ne samo na državnem nivoju).

Naloga tovrstnih institucij je, da s svojim delovanjem, v tem primeru realizacijo investicij v javno infrastrukturo in omrežja, državnega in lokalnega pomena, skrbijo za razvoj in vsesplošni napredek družbe ter izboljšavo storitev javnega značaja. Ker ekonomski cilj projekta ni neposredno izražen (kakor je npr. v primeru zasebnega naročnika), se lahko zgodi, da se spremljajoči postopki zavlečejo. Gre torej za širši problem, ki pa ga ni mogoče rešiti na ravni gradbenega podjetja. K preprečevanju tovrstnih zapletov je potrebno pritegniti vse v projekt vpletene stranke in to ne v fazi, ko se problem pojavi, temveč mnogo prej, v fazi izdelave projektne dokumentacije ali vsaj v fazi priprav na samo gradnjo oziroma izdelave projekta organizacije gradnje. Ko je projektna dokumentacija končana in je izbrani izvajalec pripravil tehnološki projekt, ki natančno določa tehnologijo izgradnje objekta, bi ta morala biti posredovana pristojnim službam upravljalcev vseh infrastrukturnih sistemov, ki se na mestu izgradnje križajo (v našem primeru vsaj cestno in železniško omrežje), da razmislijo o potrebnih ukrepih in prilagoditvah, ki bodo za čas gradnje in/ali čas obratovanja objekta potrebni, da bo omogočen nemoten potek del in hkrati karseda nemoteno delovanje obstoječega sistema. V primeru izgradnje nadvoza v Divači namreč pristojne službe Slovenskih železnic niso predhodno preučile vseh potrebnih preureditev vozne mreže in jih izvedle še pred pričetkom del na gradbišču, temveč je nanje naletel šele izvajalec in nato čakal na storitve SŽ, s čimer je prišlo do nepotrebnih zastojev pri gradnji. Obravnavani primer kaže, da bi bilo smiselno posvetiti več časa in energije pripravam na realizacijo, s strani vseh udeležencev. Tudi če bi to nekoliko zakasnilo pričetek del, bi nemoten in kontinuirni potek del bistveno znižal stroške in skrajšal čas od pričetka gradnje do predaje objekta.

Za čimbolj učinkovito delo pri izvedbi bodočih projektov, pri katerih so poleg investitorja prisotni tudi upravljalci drugih infrastrukturnih sistemov, bi bilo torej potrebno vnaprej vzpostaviti formalne komunikacijske poti znotraj projekta. Pridobljene izkušnje tudi kažejo, da je za neovirano izvajanje obravnavanega gradbenega projekta koristno tudi omogočanje neformalne komunikacije o ciljih projekta ter o njegovi pomembnosti za lokalno skupnost oziroma širšo družbo. Na ta način lahko pritegnemo vse udeležence, da opravijo svoje delo čimprej in čimbolj temeljito.

Iz celotnega grafa delovne sile, ki se nahaja v prilogah, (Graf delovne sile) je razvidno, da je trajanje projekta, od začetka pripravljalnih del na gradbišču, do odhoda izvajalca iz gradbišča 559 dni. Če odštejemo sobote in nedelje znaša to 399 delovnih dni oziroma 81 tednov, od tega pa predstavljajo prekinitev dela (dnevi, ko se dela na gradbišču ne izvajajo) kar 182 dni. Zastoji torej predstavljajo slabo polovico časa (46%) trajanja projekta.

Pogovori s predstavniki izvajalca, ki sem jih opravil v okviru priprave diplomske naloge, kažejo, da pri sami izgradnji ni bilo nobenih tehnoloških ali kakršnihkoli drugih motečih dejavnikov na strani izvajalskega podjetja. Iz gradbenih dnevnikov je razvidno tudi, da je zelo majhen delež prekinitev dela zaradi slabega vremena (manj kot 5 dni), saj je gradnja potekala na Primorskem, kjer so vremenske razmere dokaj naklonjene delu na prostem (malo padavin, ugodne temperature...). Če strnem, so bili glavni razlogi za tolikšno podaljšanje časa trajanja projekta torej:

- pomanjkanje zadostne komunikacije in sodelovanja med vodjem projekta na strani investitorja in na strani izvajalca,
- dolgi in zapleteni administrativni postopki pri dogovarjanju z investitorjem in koordinaciji projekta z njegove strani,
- slaba komunikacija s predstavniki investitorja in upravljalci železniškega omrežja pri dogovarjanju o izvedbi del, ki jih mora opraviti upravljalce proge in čakanje na samo izvedbo,
- posebnosti gradnje na območju železniške proge (zapore železniške proge, gradnja ob prisotnosti čuvaja, odvisnost od upravljalca železniške proge in njegovih storitev...),
- premalo pozornosti je bilo namenjene načrtovanju priprave gradbišča, ki se nanaša na začasno ureditev vozne mreže elektrovlake (nekatera dela, ki bi morala biti izvedena že pred pričetkom gradnje, so se ugotovila šele v fazi gradnje).

5.2 Delovna sila

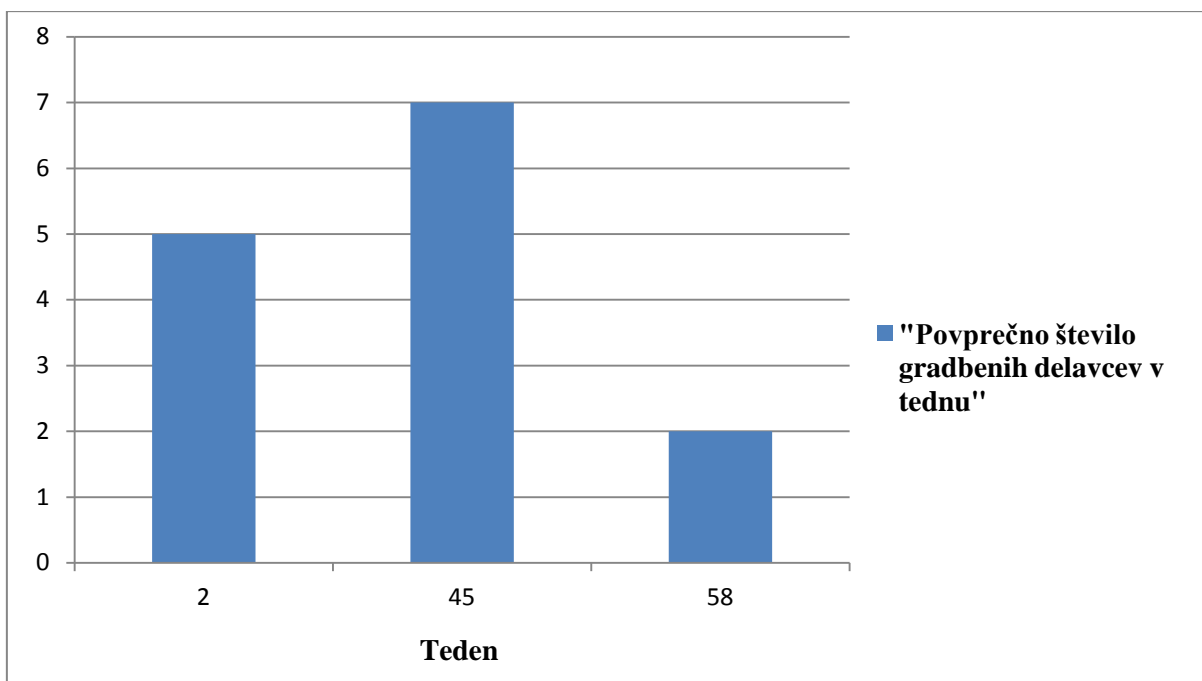
Človek je glavni nosilec proizvodnje in najpomembnejši proizvodni faktor za večanje produktivnosti proizvodnje (Pšunder, Klanšek, Šuman, 2009).

Analiza gradbenega dnevnika ter spremljajočih planov kaže, da je na obravnavanem gradbišču gradbena dela izvajalo med 2 (najmanj) in 11 (največ) gradbenih delavcev. Največ dni v celotnem času trajanja gradnje pa je bilo na gradbišču 4 ali 5 gradbenih delavcev. Izvajanje gradbenih del sta na gradbišču vedno spremljala tudi 2 vodstvena delavca, navadno en gradbeni tehnik in en gradbeni inženir, izjemoma je bil na gradbišču prisoten le gradbeni tehnik, vendar le nekaj dni v času trajanja projekta.

Za analizo porabe delovne sile sem iz grafa delovne sile za celotno obdobje trajanja izgradnje objekta (Priloga B) izbral 3 tedne (glej Grafikon 1 in Grafikon 2), ki prikazujejo značilno nihanje delovne sile

na gradbišču, ki se ponavlja skozi celotno obdobje. Prvi karakteristični teden (dejansko 2. teden izvajanja projekta) predstavlja najbolj optimalno razporeditev delovne sile, to je konstantno število gradbenih delavcev v vseh delovnih dnevih tedna in sicer 5 delavcev (glej Grafikon 2), kar pa je tudi število delavcev, ki je tudi najbolj zastopano v grafu delovne sile. Če želimo doseči kar največjo produktivnost gradnje in optimalno izrabo delovnega časa, je namreč idealno, da dela na gradbišču izvaja skupina, v kateri se število delavcev ne spreminja. Za produktivnost skupine je tudi koristno, da se posamezni člani skupine ne menjajo ter da ne prihaja do prekinitve izvajanja del. Gradbeni delavci tako natančno poznajo gradbišče, objekt, faze izvedbe projekta in vedo, kje so se dela prejšnji dan končala in s čim bodo nadaljevali naslednji delovni dan.

Če je mogoče, naj vodja projekta zagotovi na gradbišču skupine delavcev optimalne velikosti (5 do 7 posameznikov). Empirične raziskave (Rodošek, 1998) kažejo, da se pri tej velikosti skupine lahko razvije uspešen delovni tim z dobro organizacijo in koordinacijo med člani tima.



Grafikon 1: Povprečno število gradbenih delavcev v posameznem tednu (2., 45., in 48. teden)

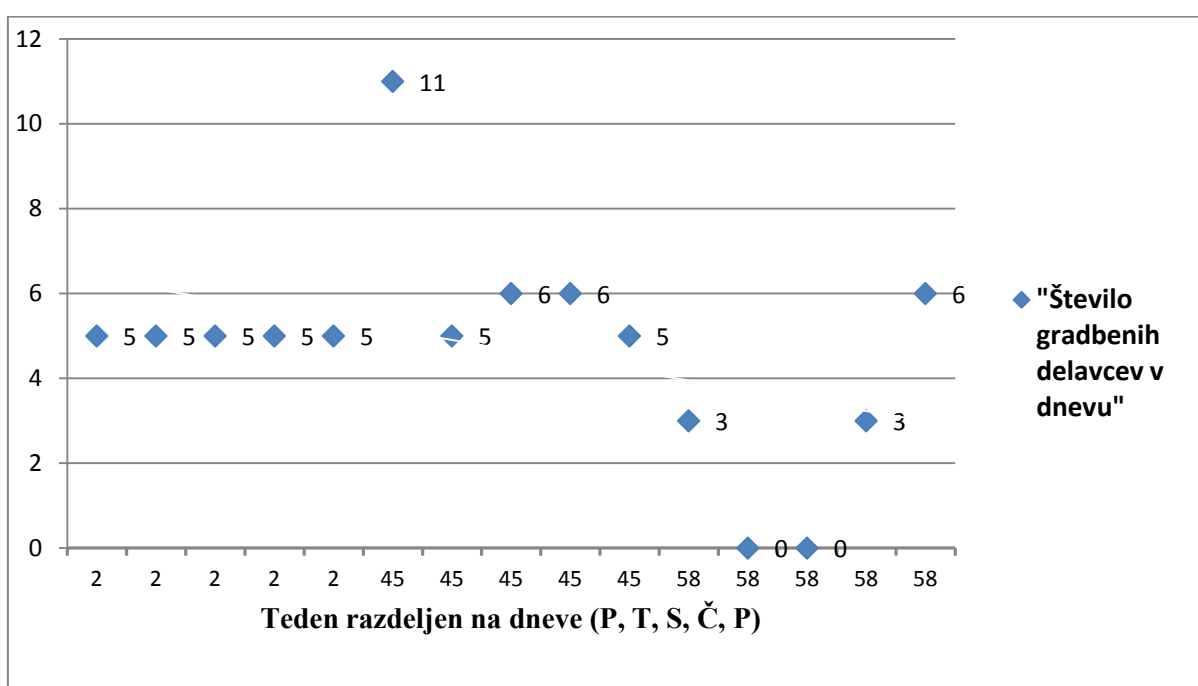
Na grafikonu 1 prikazujemo povprečno število gradbenih delavcev (seštevek delavcev na gradbišču v vseh delovnih dnevih tedna/5 delovnih dni, zaokroženo na celo število) za 3 karakteristične tedne (2., 45., 48. teden) v času izgradnje objekta. V teh tednih se skozi delovne dneve pojavlja značilna razporeditev gradbenih delavcev (npr. konstantno število delavcev vse dni v tednu, nihanje števila delavcev po dnevih ali pa nihanje števila delavcev z vmesnimi prekinitvami del), ki se ponavlja skozi celoten čas gradnje.

Drugi karakteristični teden (dejansko 45. teden izvajanja projekta) prikazuje precejšnje nihanje delovne sile v posameznih dnevih delovnega tedna in sicer od 5 do 11 (glej Grafikon 2) gradbenih delavcev, povprečno število gradbenih delavcev v tem tednu je tako 7 (zaokroženo na celo število). Takšna razporeditev delovne sile ni najbolj ugodna z vidika konstantnosti gradbene proizvodnje, kot tudi iz organizacijskega vidika razporeditve delovne sile po posameznih vrstah del. Pri večjih skupinah

ljudi, še posebno če število delavcev po dnevih niha, je večja možnost neizkoriščenega delovnega časa in zastojev v delovnem času. Takšna razporeditev delovne sile je v obravnavanem projektu gradnje precej dobro zastopana, kar je razvidno tudi iz grafa porabe delovne sile skozi celoten projekt.

Tretja značilna razporeditev delovne sile, ki se pojavi tudi v 48. tednu je nihanje delovne sile po dnevih z vmesnimi prekinitvami (glej Grafikon 2). V tem tednu sta bila na gradbišču prvi dan prisotna 2 delavca, nato dva dneva dela na gradbišču niso potekala, tretji in četrti dan pa so delali 3 oziroma 4 gradbeni delavci. Gre pravzaprav za najslabšo organizacijo poteka gradnje, saj predstavlja prekinitev del dodatni zastoj tudi v prvem delovnem dnevu po prekinitvi.

Ob pojavljanju prekinitev gradbenih del (in s tem zakasnitve začetka nadaljevanja del) se pojavljajo dodatna tveganja. Na začetku delovnega dneva je zato potrebno preveriti, kje so se dela pred prekinitvijo končala, in razdeliti delovne naloge. Obstaja tveganje, da ni zagotovljene dobave potrebnega materiala ali da na gradbišču ni potrebne opreme in pripomočkov za gradnjo.



Grafikon 2: Število gradbenih delavcev v posameznih dnevih tedna (pon.-pet.) za 2., 45., in 48. teden

6 UGOTOVITVE IN ZAKLJUČKI

Z diplomsko nalogo sem želel sistematično analizirati izvedbo konkretnega projekta, s strani izvajalskega podjetja, torej od predaje poslov izbranemu izvajalcu (podpisa gradbene pogodbe) dalje. Ko izvajalec prične s pripravami na gradnjo, to je s pripravo projekta organizacije gradnje, prepogosto pa tudi še med samo izvedbo del, se namreč začnejo pojavljati številni problemi in težave, ki ovirajo potek del in znižujejo produktivnost izvajalskega podjetja.

Izvedena analiza kaže da do zapletov skoraj nikoli ne prihaja zaradi problemov pri sami tehnološki izvedbi projektov; slovenska gradbena operativa ima na voljo dovolj znanja, tehnološke opreme in strokovno usposobljenega kadra in je tako povsem kompetentna za izvedbo vseh vrst gradbenih

projektov. Problemi se večinoma izkažejo na strani organizacije proizvodnih virov (strokovnega kadra, mehanizacije in opreme) znotraj podjetja, še bolj pa na ravni koordinacije projektov med različnimi udeleženci, tako znotraj kot tudi zunaj izvajalskega podjetja, ki je hkrati tudi razlog slabe organizacije (in s tem učinkovite izrabe) proizvodnih virov v podjetjih.

Vodje projektov na strani izvajalca in investitorja bi se morali zavedati, da je uspešna realizacija projektov (v okviru predvidenih finančnih sredstev, v predvidenem časovnem okviru in s pričakovano kakovostjo) možna le ob njihovem tesnem sodelovanju, redni in ažurni komunikaciji in izmenjavi informacij ter sprotne reševanju problemov. Problem nezadostne in neučinkovite komunikacije je še posebej viden pri izgradnji infrastrukturnih objektov, kjer so poleg izvajalca in investitorja v izvedbo projekta vključeni tudi upravljalci infrastrukturnih sistemov in vodov in je torej udeležencev pri izvedbi projekta lahko veliko. Povsem jasno je, da več udeležencev posledično pomeni tudi več usklajevanja in koordinacije med njimi ter s tem podaljšuje postopke sprejemanja odločitev in izvedbe konkretnih nalog. Zato je še posebno pri tovrstnih projektih potrebno več komunikacije v zelo zgodnjih fazah projekta, to je predvsem v fazi konstruiranja projekta ali vsaj v fazi priprave na realizacijo. V teh fazah morebitne spremembe ali dopolnitve pri izvedbi projekta namreč povzročajo zanemarljivo majhne stroške in zanemarljivo zakasnitev izvedbe projekta, kot kasnejši, nepredvideni in naknadni ukrepi, ki jih mora pred samo izvedbo vedno nekdo pregledati in potrditi, poleg tega, njihova izvedba ni načrtovana in zato pogosto neizvedljiva ravno v željenem času. Vse to izvajalcu projekta povzroča dodatne probleme pri alociranju proizvodnih virov (predvsem razporejanju delovne sile in mehanizacije po gradbiščih) in organizaciji del na večjih gradbiščih. V našem primeru izgradnje nadvoza se izkaže, da bi se situacija lahko izboljšala, če bi bilo sodelovanje s predstavniki SŽ aktivnejše. Ena od možnosti je sistematična priprava komunikacijskih poti v projektu ter vzpostavljanje stikov z vsemi odločevalci v zgodnjih fazah projekta. Izkušnje obravnavanega primera kažejo, da je potrebno vnaprej poenotiti cilje izvajalca, investitorja ter upravljalcev drugih infrastrukturnih omrežij.

Bistveno vlogo za uspešno doseganje ciljev torej odigra dobra organizacija in zadostna priprava na samo gradnjo.

VIRI

Bojc, I. 2007. Nadvoz v km 0 + 816 železniške proge Divača-Koper. Projektna dokumentacija. Predračun. Ljubljana, SŽ – projektivno podjetje Ljubljana d.d.: loč.pag.

Gradbeni dnevnik » Nadvoz v km 0 + 816 železniške proge Divača – Koper«. Celje, Ceste mostovi Celje d.d.: loč.pag.

Lesjak, Z. 2010. Modernizacija obstoječe železniške proge Koper–Divača, nadvoz in rekonstrukcija ceste v Divači. Tehnološko ekonomski elaborat. Maribor, Direkcija RS za vodenje investicij v javno železniško infrastrukturo: loč.pag.

Marić, Z. 2007. Analiza procesa graditve nadvoza čez železniško progo. Diplomaska naloga. Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo, Oddelek za gradbeništvo, Organizacijsko tehnološka smer (samozaložba Z. Marić): 87 str.

Osolnik, G. 2010. Informacijska podpora vodenju projektov z vidika inženiring podjetja. Diplomaska naloga. Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo, Oddelek za gradbeništvo, Konstrukcijska smer (samozaložba G. Osolnik): 80 str.

Pšunder, M. 1997. Vodenje gradbenih projektov. Študijsko gradivo. Maribor, Univerza v Mariboru, Fakulteta za gradbeništvo: loč.pag.

Pšunder, M., Klanšek, U., Šuman, N. 2009. Gradbeno poslovanje. Maribor, Univerza v Mariboru, Fakulteta za gradbeništvo: str. 120, 121.

Reflak, J., Kerin, J., Pšunder, A. idr. 2007. Od projekta do objekta. Ljubljana, Verlag Dashöfer: loč.pag.

Rodošek, E. 1998. Osnove organizacije v gradbeništvu. Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo: str. 132, 133.

Varnostni načrt št.: 3511/D/VN. 2010. Ljubljana, Slovenske železnice: loč.pag.

SIST EN 206-1: 2003. Beton – 1.del – Specifikacija, lastnosti, proizvodnja in skladnost.

PRILOGE

Priloga A Načrti nadvoza v Divači

A1 Podpiranje in opaženje prekladne konstrukcije nadvoza (tloris, vzdolžni prerez)

A2 Podpiranje in opaženje prekladne konstrukcije nadvoza (prečni prerez)

A3 Načrt ureditve gradbišča

Priloga B Grafikon delovne sile skozi celotno obdobje trajanja gradnje

Priloge so priložene v mapi diplomske naloge.