



## Технологија и организација грађења подвожњака

### *Technology and organization of construction of the underpass*

Марио Шапурић, Факултет техничких наука, Нови Сад

#### Студијски програм – ГРАЂЕВИНАРСТВО

**Кратак садржај** – Предмет овог рада је изградња бетонске конструкције подвожњака у сложеним условима околине

**Кључне речи (три до пет):** организација, динамика, реални проблеми у извођењу

**Abstract** – *The subject of this paper is the construction of a concrete underpass structure in complex environmental conditions.*

**Keywords: (three to five):** organization, schedule (or dynamics), real problems during execution

**НАПОМЕНА:** Овај рад проистекао је из мастер рада чији ментор је био проф.др. Владимир Мученски.

#### 1. УВОД

Услови и захтеви који се постављају пред нас приликом пројектовања и извођења објекта су у циљу стварања објекта који ће бити изведен тако да буде користан и прихватљив. У току процеса грађења објекта морамо се придржавати организацијског редоследа. Ако желимо да изведемо објекат на рационалан начин, морамо тежити оптималном односу између трошкова и квалитета. Како бисмо то постигли морамо у целини сагледати све процесе пројектовања, изградње и експлоатације објекта.

Ранија искуства су показала да лоша организација од самог почетка доводи до значајних повећања трошкова, као и до смањења квалитета изграђеног објекта. Због тога тежимо да од самог старта, од пројектовања конструкције, што боље организујемо производни процес. Детаљном анализом пројекта треба усвојити одговарајућу технологију грађења и одредити целокупну организацију грађења тог објекта. Претходно наведене активности анализе пројекта, усвајање технологије и организације грађења су предуслови за успешну реализацију пројекта и они се разликују у зависности од врсте и намене објекта, и различитих грађевинских услова.

Пре почетка производног процеса треба обезбедити све ресурсе за рад, проучити методе рада и технологије грађења, и организовати место изградње објекта. Сложена организација производње, велики број

операција и висок степен механизованости процеса карактерише грађевинску производњу. Сваком учеснику у будућој реализацији објекта је потребан пројекат организације грађења [1].

Основни **циљеви** за израду пројекта организације грађења су:

- остварење континуиране производње,
- постизање економичности и продуктивности,
- коришћење најпогоднијих технологија,
- испуњење задатих рокова,
- равномерно ангажовање ресурса и слично

#### 2. МЕТОДЕ ОБРАДЕ

За изградњу објекта, односно његово целокупно планирање, је потребно познавање и коришћење различитих метода које омогућују моделирање посматраних процеса. Паралелизацијом радова истовремено можемо обављати више радњи што нам у великој мери помаже јер се објекат састоји од великог броја операција које се одвијају према технолошким захтевима у унапред одређеном редоследу и, просторно, на различитим местима.

Методе планирања употребљене за израду овог рада су:

- анализа и синтеза,
- техника мрежног плана,
- методе гантограма применом MS Project-a

Важан вид обраде података су анализа и синтеза, јер дају јасан приказ могућих решења. Дају везу између могућих и ваљаних решења и зависе од количине и веродостојности података.

Техника мрежног планирања је графичко-нумеричка метода за представљање процеса ради њеног планирања [2].

Гантограм представља линијске дијаграме који су са становништва практичне примене најразумљивији и најчешће коришћени облик планирања радова [2].

#### 3. КОНСТРУКЦИЈА

Конструкција подвожњака састоји се од горње плоче преко које прелази железнички саобраћај, темељне

плоче преко које је предвиђен путнички саобраћај и ободних зидова. Сви ови бетонски елементи формирају “затворени оквир” односно круту кутијасту конструкцију. Основни светли отвор конструкције  $l_0 \times h_0 = 11,25\text{m} \times 6,50\text{m}$ , а слободни профил за пролазак саобраћаја је  $11,25\text{m} \times 5,64\text{m}$  у оси пута. Дебљина темељне плоче и зидова износи  $90\text{cm}$ , а горње плоче променеиво  $80\text{--}87\text{cm}$ . Вишеколосечан је, са променом броја колосека на објекту дужине  $38,61\text{m}$ .

Максимална дужина конструкције је  $38,61\text{m}$ , а осовински распон подвожњака износи  $12,15\text{m}$  (у закошењу  $12,72\text{m}$ ). Пројектом трасе пруге на месту подвожњака је предвиђено пет колосека који са осом саобраћајнице граде угао од  $\sim 73^\circ$ . Подвожњак је закошен у односу на колосеке, ивице темељне и горње плоче прате правац крајњих колосека. На улазу и излазу су предвиђени крилни зидови дебљине  $90\text{cm}$  и дужине  $2\text{m}$  са обе стране који ће бити изведени на заједничкој темељној плочи са самом конструкцијом подвожњака. Конструкције затвореног рама подвожњака се састоји из две независне целине између којих ће бити постављена дилатациона спојница. На месту дилатације ће бити постављена “Фугебанд” трака која треба да обезбеди водонепропусност дилатационе спојнице.

Кота фундирања је предвиђена на  $+101.50\text{mm}$ , на месту подвожњака кота ГИШ-а износи  $110.64\text{mm}$ , док кота доње ивице распонске плоче износи  $+108.90\text{mm}$ .

Преко горње плоче је предвиђена ММА хидроизолација која се штити помоћу слоја од  $5\text{cm}$  бетона од ситнозрног агрегата са поцинкованом мрежом и еластични тепих. Горња плоча се изводи у двостраном паду од  $1\%$  по косини, док је управно на осу пута  $1,1\%$ .

Спољну хидроизолацију темељне плоче се изводи непрекинуто преко углова, уз подизање уз зидове. Са спољашње стране зидова подвожњака се изводи хидроизолација од “ПВЦ” мембране на преколоп са свом потребном подлогом, а затим и постављање стиродура за заштиту хидроизолације.

Израда темељне плоче и конструкције подвожњака се изводи у унапред припремљеној темељној јами. Ископ темељне јаме се осигурава коришћењем челичних талпи са водонепропусним спојевима. Дубина јаме је око  $8\text{m}$ .

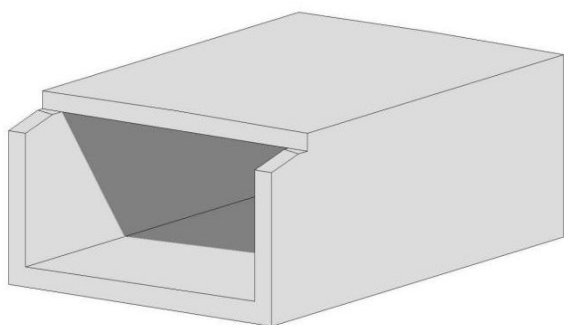
На улазу и излазу из подвожњака се налазе отворени рамови дужине по  $120\text{m}$ . Отворени рамови су у кампадама од по  $5\text{m}$ , а приликом наставка бетонирања и између кампада се налазе траке за заптивање воде. Ширина темељне стопе отвореног рама је  $13.05\text{m}$ ,  $17.05\text{m}$ ,  $18.05\text{m}$  и  $20.05\text{m}$  са промењивом висином зидова у зависности од дубине усека.

Заштитни слој свих армиранобетонских елемената је  $50\text{mm}$ .

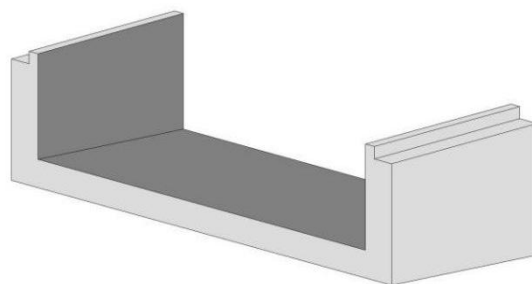
Сви елементи се изводе монолитно, на лицу места, бетоном следеће класе:

Табела 1. Класе бетона

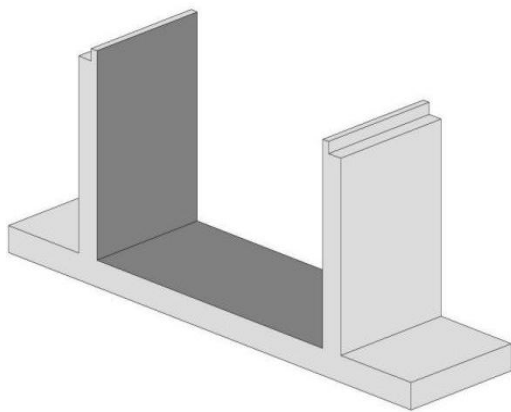
Темељи отворених и затворених рамова, потпорних зидова и горња плоча затворених рамова	C35/45, XC4, XF1, V-II цемент класе "N"
Зидови отворених и затворених рамова	C35/45, XC4, XD3, XF4, V-III, MS-S2 цемент класе "N"
Мршав бетон (потпорни зидови, темељна плоча)	C16/20, X0, цемент класе "N"
Мршав бетон (заштита хидроизолације)	C16/20, X1, цемент класе "N"
Арматура	B500B



Слика 1. 3D приказ кутијастог профила



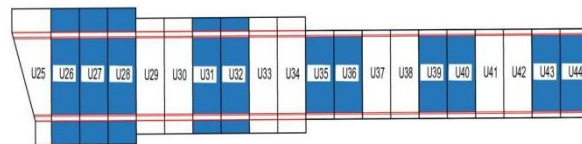
Слика 2. 3D приказ отворене U-каде



Слика 3. 3D приказ отворених U када

## Израда U када по тактовима

### Источни сегмент



Прва бригада:  
 U44-U43  
 U40-U39  
 U36-U35  
 U32-U31  
 U28-U27-U26

Друга бригада:  
 U42-U41  
 U38-U37  
 U34-U33  
 U30-U29  
 U25

Слика 5. Кампаде U25-U44

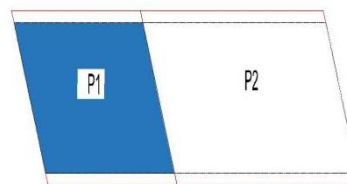
## 4. ОРГАНИЗАЦИЈА ГРАЂЕЊА

Иако се у пракси изградња овакве врсте објекта почиње од најниже тачке, односно у овом случају од затворених кампада P1 и P2, при изградњи овог објекта редослед радова је такав да се прво изводе земљани радови у континуитету почевши од кампаде U1 до кампаде U24, заједно са затвореним профилем P1 - западна страна, и на овој страни прво крећу радови на бетонској конструкцији такође од кампаде U1 до затвореног профила P1. Овакав редослед прихваћен је услед лаког приступа западној страни будућег објекта због постојеће саобраћајнице.

По завршетку горње плоче затвореног профила P1, измешта се колосек са провизоријума на овај профил и након уклањања провизоријума почињу радови на бетонској конструкцији затвореног профила P2.

### Израда затворених рамова

#### Западни P1 и источни P2 сегмент

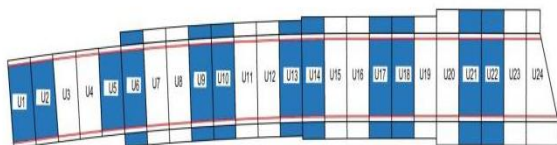


Обе бригаде су ангажоване на изради сегмента P1, а након измештања колосека исте раде на изради сегмента P2

Слика 6. Кампаде P1 и P2

### Израда U када по тактовима

#### Западни сегмент



Прва бригада:  
 U1-U2  
 U5-U6  
 U9-U10  
 U13-U14  
 U17-U18  
 U21-U22

Друга бригада:  
 U3-U4  
 U7-U8  
 U11-U12  
 U15-U16  
 U19-U20  
 U23-U24

Слика 4. Кампаде U1-U24

Након завршеног ископа на западној страни креће се са ископом са источне стране од кампаде U44 до U25, а након ископа кампаде U40 почиње се са бетонским радовима на источној страни од кампаде U44 до кампаде U25.

## 5. УПОРЕДНИ ПРЕГЛЕД ПЛАНИРАНЕ И СТВАРНЕ ДИНАМИКЕ РАДОВА

Првобитним планирањем изградње подвожњака и динамиком извођења радова где су се покушале сагледати и уврстити све непредвиђене околности које би довеле до одлагања завршетка радова добијено је трајање радова од 232 радна дана. Међутим, извођењем радова и другим околностима на терену увидело се да предвиђено трејање радова неће бити у складу са планираном динамиком.

Околности које су имале утицај на различито трајање радова између планиране и стварне динамике извођења радова могу се поделити на:

Табела 2. Кашњење у данима

<b>СЛОЖЕНИ УСЛОВИ КОЈИ СУ УТИЦАЛИ НА ИЗВОЂЕЊЕ РАДОВА</b>		<b>Застој (дана)</b>
Метеоролошки услови	Непредвиђени временски услови праћени обилним падавима	11
Геотехнички услови	Геомеханички елаборат који се разликовао од стварног стања на терену	/
Административно-правни услови	Додатне парцеле на којима је било потребно извршити експропријацију	8
Пројектовање	Позиција објекта у односу на линију експропријације и препројектовање објекта	/
Техничко-технолошки услови	Измене у организацији и динамици радова Хаварија на бетонској бази	43
<b>УКУПНО:</b>		<b>62</b>

Радови на предметном подвожњаку су се одвијали у условима непрекидног железничког саобраћаја, па су биле неопходне посебне мере организације и безбедности како би се омогућило неометано функционисање железнице и заштитила радна зона.

У току припреме организације извођења радова дошло је до одлагања почетка радова а затим и до значајног отежавања истих. Након прегледа саме локације утврђено да темељи западног дела објекта делимично излазе из линије експропријације. Ова околност је онемогућила извођење радова у пуном обиму и према оригиналном пројекту и довела је до потребе за препројектовањем конструкције. У оквиру тих измена, дошло је до смањења ширине темељних плоча кампада, док је њихова дебљина повећана како би се очувала носивост и стабилност конструкције. И поред извршених корекција, нова граница темељних плоча налазила се на самој ивици суседних парцела, што је додатно отежало извођење радова, нарочито у погледу постављања оплате, смештаја и кретања механизације и безбедног приступа радника радној зони.

Као решење је договорена додатна експропријација суседних парцела што је довело до промене у динамици извођења радова. Радови су према плану требали да започну на западном делу трасе, али због непотпуно окончаног поступка експропријације није било могуће приступити том делу градилишта. Као компромисно решење, извођење је започето на источном делу, и то на првих десет кампада, док се поступак експропријације није окончао. Како је дошло до промене стране на којој се почињу радови, динамика достављања арматуре на градилиште се пореметила. Арматура је наручена сходно динамици радова од кампаде U1 до U24, међутим како су радови пребачени на кампаде од U44 до U35 тако је дошло до застоја, тј. чекања на потребну арматуру за ове кампаде.

Застој је био од 01.08. - 09.08.2022.године, у трајању од 8 дана.

На предметној локацији подземне воде се налазе непосредно испод површине терена ( доња кота ископа

+101.20 док је кота подземне воде на висини од +107.90), а како је ова вода дошла у контакт са лесом и финим честицама прашине, онемогућено је снижавање нивоа воде у динамици и на начин предвиђен пројектом. Бунар за црпљење воде, планиран у пројектној документацији, показао се недовољним, па је у фази извођења радова било потребно формирати додатне бунаре и спроводити црпљење са више места истовремено. Овакав режим снижавања нивоа подземне воде изазвао је локална слегања околног терена и појаву оштећења на оближњим објектима, што је захтевало стално праћење стања на терену и санацију оштећених објеката. Ове активности довеле су до ангажовања додатне механизације и повећања укупних трошкова у периоду од 01.06. - 15.06.2023.године, без утицаја на трајање радова.

Оваква комбинација материјала тла не поседује пројектом предвиђене карактеристике носивости. Као последица тога, било је неопходно извршити замену тла, што је подразумевало уклањање постојећег материјала и уградњу ситнозрног (0-31,5мм) и крупнозрног дробљеног камена (63-100мм) - туцаника, у различитим дебљинама уз контролисано збијање уз повећање дебљине подложног бетона на неким местима да би се постигле потребне карактеристике тла за наставак радова.

Пројектом извођења обезбеђења ископа за бетонску конструкцију подвожњака предвиђене су Ларсен талпе. Међутим приликом обезбеђења дубљих зона ископа 8-9 метара, а због високог нивоа подземних вода и притиска околног тла дошло је до значајних савијања талпи у горњој зони. То је условило прекид радова до осигурања ископа цевима за разупирање талпи. Све ово је произвело застој од 11 календарских дана у периоду од 03.08. до 14.08.2023.године.

Измене у току трајања радова проузроковане су и техничким проблемима на терену. У току бетонирања зидова кампада U28 и U29 дана 19.02.2023.године, дошло је до хаварије на бетонској бази из које се допремао бетон. На 1/3 висине зида кампаде ( Око

1.70м) дошло је до прекида бетонирања у трајању од 4 сата, колико је требало да стигне бетон из резерве фабрике бетона.

Након завршеног бетонирања зидова кампада U28 и U29 надзорни орган је изразио сумњу у квалитет везе бетона због превеликог временског размака у бетонирању.

Радови су заустављени до доказивања квалитета уграђеног бетона на критичном месту, односно споју бетона зидова. Након заустављања радова на изради зидова кампада U29 и U28 од стране надзорног органа, почиње застој јер је било потребно 5 дана да се ангажује адекватна фирма која је могла да изврши испитивање уграђеног бетона. Ангажованој фирми је било потребно седам дана за испитиве због заузетости на претходно уговореним пројектима

Испитивање је трајало један дан, а позитивни резултати су добијени након 5 дана, након чега је настављено са изградњом објекта. Непланирани застој је трајао у периоду од 19.02.2023.године до 08.03.2023.године што чини укупно 17 дана.

Такође, контролним испитивањем узорака бетона (чврстоћа бетона), седам дана након уграђивања, констатована су одступања у механичким карактеристикама пројектованог и уграђеног бетона зидова кампада U26 и U27, те је надзорни орган зауставио радове до добијања чврстоће на 28 дана. Каснији узорци су након испитивања показали пројектом захтеване карактеристике. Застој је настао у периоду од 19.03. до 14.04.2023.године, укупно 26 дана.

## 6. ЗАКЉУЧАК

Сви наведени фактори – неповољни метеоролошки услови, геотехнички услови, одступања у квалитету уграђених материјала услед хаварије, високе подземне воде, недовољна техничка опремљеност и административни проблеми – заједнички су допринели продужењу укупног рока извођења радова. Иако су предузете мере санације и организационе корекције омогућиле наставак градње, укупна динамика је била значајно нарушена, а финансијски трошкови увећани у односу на првобитно планиране.

Иако је процес извођења радова био темељно планиран у погледу динамике, технологије и организације, а све према пројекту, пракса показује да се током реализације грађевинских пројеката могу појавити различити непредвиђени фактори који условљавају застоје. Такви проблеми могу бити техничке, технолошке, организационе или административне природе, а њихово правовремено уочавање и адекватно решавање представљају један од најважнијих изазова у управљању пројектом.

У конкретном случају, упркос добро израђеном плану, дошло је до пауза у извођењу радова. Ови фактори јасно показују да је грађевинарство област у којој је неопходна висока флексибилност и способност адаптације на реалне услове на терену.

Предмет овог рада била је организација грађења бетонске конструкције подвожњака у Суботици на стационажи km 174+515 и упоређивање са стварним стањем на терену у току извођења радова.

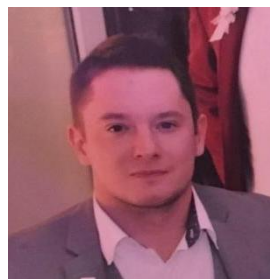
- За обављање радова на изради бетонске конструкције подвожњака, са планираном временском резервом од 22 дана, према анализи било је потребно 232 радна дана (326 календарских дана, радна недеља понедељак-петак), док је према стварном стању трајање било 294 радна дана (343 календарска дана, радна недеља понедељак-субота - радна недеља је повећана због кашњења)
- Механизација за замљане радове је коришћена у трајању од 57 дана и то: два багера, 6 камиона кипера, ваљак, машина за побијање талпи и помоћне грађевинске алате. Док је према стварном стању на градилишту, а након потребе за заменом тла ова механизација појачана те се време трајања земљаних радова смањило на 54 дана.

## 7. ЛИТЕРАТУРА

[1] М.Тривунић, З.Матијевић, "Технологија и организација грађења", практикум, Факултет техничких наука у Новом Саду, Нови Сад, 2004

[2] Богдан Трбојевић "Организација грађевинских радова" Грађевинска књига, Београд, 1979

### Кратка биографија:



Марио Шапурић, рођен у Врбасу 04.06.1987.године. Мастер академске студије уписао је 2019.године на Факултету техничких наука у Новом Саду, смер Организација и технологија грађења. Контакт: mario.sapuric@gmail.com