

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:

Škapin, D. 2012. Finančna analiza spremembe tehnologije izvedbe viadukta Dobruša. Diplomaska naloga. Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo. (mentor Srđić, A.): 58 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:

Škapin, D. 2012. Finančna analiza spremembe tehnologije izvedbe viadukta Dobruša. B.Sc. Thesis. Ljubljana, University of Ljubljana, Faculty of civil and geodetic engineering. (supervisor Srđić, A.): 58 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

VISOKOŠOLSKI STROKOVNI ŠTUDIJ  
GRADBENIŠTVA  
SMER OPERATIVNO GRADBENIŠTVO

Kandidat:

**DAVID ŠKAPIN**

**FINANČNA ANALIZA SPREMEMBE TEHNOLOGIJE  
IZVEDBE VIADUKTA DOBRUŠA**

Diplomska naloga št.: 465/SOG

**FINANCIAL ANALYSIS OF THE CHANGE OF  
CONSTRUCTION TECHNOLOGY USED FOR VIADUCT  
DOBRUŠA**

Graduation thesis No.: 465/SOG

**Mentor:**

viš. pred. dr. Aleksander Srdić

**Predsednik komisije:**

doc. dr. Tomo Cerovšek

**Član komisije:**

prof. dr. Tatjana Isaković

Ljubljana, 2. 7. 2012

## **ERRATA**

<b>Stran z napako</b>	<b>Vrstica z napako</b>	<b>Namesto</b>	<b>Naj bo</b>
-----------------------	-------------------------	----------------	---------------

## **IZJAVA O AVTORSTVU**

Podpisani **DAVID ŠKAPIN** izjavljam, da sem avtor diplomske naloge z naslovom:  
**»FINANČNA ANALIZA SPREMEMBE TEHNOLOGIJE IZVEDBE VIADUKTA DOBRUŠA«.**

Izjavljam, da je elektronska različica povsem enaka tiskani različici.

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

Ljubljana, junij 2012

David Škapin

## **BIBLIOGRAFSKO-DOKUMENTACIJSKA STRAN IN IZVLEČEK**

**UDK:** 624.2/.8:69.003(043.2)

**Avtor:** David Škapin

**Mentor:** viš. pred. dr. Aleksander Srdić

**Naslov:** Finančna analiza spremembe tehnologije izvedbe viadukta Dobruša

**Tip dokumenta:** Diplomaska naloga – visokošolski strokovni študij

**Obseg in oprema:** 58 str., 5 pregl., 32 sl., 6 pril.

**Ključne besede:** viadukt, tehnologija, stroški

### **Izveček**

Diplomska naloga je stroškovna analiza spremembe tehnologije izvedbe viadukta Dobruša na avtocestnem odseku Vrba–Peračica. Viadukt Dobruša je bil v fazi projekta za razpis, ki ga je izdelal investitor, zasnovan kot kontinuirni nosilec preko petih polj največjega razpona 72,5 m, grajen po sistemu prostokonzolne gradnje. Po spremembi tehnologije je bil viadukt zasnovan kot kontinuirni nosilec preko šestih polj z največjim razponom 57,9 m, zgrajen po metodi postopnega narivanja zgornje konstrukcije. Diplomaska naloga opisuje postopek izvajalca pri spremembi tehnologije objekta v skladu s pogodbenimi določili. Cilj je prikazati rezultate spremembe tehnologije izvedbe, ki so pozitivno vplivali na rok in potek del ter končno ceno objekta.

**BIBLIOGRAPHIC-DOCUMENTALISTIC INFORMATION****UDC:** 624.2/.8:69.003(043.2)**Author:** David Škapin**Supervisor:** Sen. Lect. Aleksander Srdić Ph. D.**Title:** Financial analysis of the change of construction technology used for the viaduct Dobruša**Document type:** Graduation Thesis – Higher professional studies**Notes:** 58 p., 5 tab., 32 fig., 6 ann.**Key words:** viaduct, technology, costs**Abstract**

The subject of the thesis is the cost analysis of the change in construction technology used for the viaduct Dobruša on the motorway section Vrba–Peračica. In the project for the tender, which was prepared by the investor, the viaduct Dobruša was designed as a continuous beam over five spans with a maximum of 72.5 m in length, constructed using balanced cantilever method. After the technology was changed, the viaduct was designed as a continuous beam over six spans with a maximum of 57.9 m in length, constructed using incremental launching. The thesis describes the contractor's procedure used to modify the technology of the construction according to the contract terms. Our objective is to present the results of the change in construction method, which had a positive impact on the deadline, the progress of the work and the price of the construction.

## **ZAHVALA**

Za pomoč pri nastajanju diplomske naloge se iskreno zahvaljujem mentorju dr. Aleksandru Srdiću ter podjetju Primorje d. d. Ajdovščina, ki mi je omogočilo sodelovanje pri izvedbi projekta.

Zahvalil bi se tudi družini za pomoč in podporo v času izdelave naloge in v celotnem času študija.

**KAZALO VSEBINE**

<b>IZJAVA O AVTORSTVU</b>	<b>II</b>
<b>BIBLIOGRAFSKO-DOKUMENTACIJSKA STRAN IN IZVLEČEK</b>	<b>III</b>
<b>BIBLIOGRAPHIC-DOCUMENTALISTIC INFORMATION</b>	<b>IV</b>
<b>ZAHVALA</b>	<b>V</b>
<b>KAZALO VSEBINE</b>	<b>VI</b>
<b>KAZALO PREGLEDNIC</b>	<b>IX</b>
<b>KAZALO SLIK</b>	<b>X</b>
<b>1 UVOD</b>	<b>1</b>
1.1 Namen diplomske naloge	2
1.2 Primerjava stroškov graditve viaduktov glede na izbrano tehnologijo izvedbe	2
<b>2 OPIS TRASE AC VRBA–PERAČICA</b>	<b>4</b>
2.1 Splošno	4
2.2 Prometni podatki	4
2.3 Konfiguracija terena in geološki pogoji	4
2.4 Tehnični podatki	5
<b>3 OPIS VIADUKTA DOBRUŠA – OSNOVNA REŠITEV</b>	<b>7</b>
3.1 Konstrukcijska zasnova viadukta	7
3.1.1 Opis prostora	7
3.1.2 Izbira zasnove	7
3.2 Temeljenje	8
3.3 Podporna konstrukcija	9
3.4 Prekladna konstrukcija	11
3.4.1 Tehnologija prostokonzolne gradnje	11
3.5 Oprema viadukta	13
3.5.1 Zgornji ustroj vozišča	13
3.5.2 Odvodnjavanje	14
3.5.3 Dilatacije, ležišča	14
3.6 Terminski plan izvedbe del	14
3.7 Predvidene količine bistvenih materialov	14
3.8 Predračunska vrednost	15



<b>4</b>	<b>VIADUKT DOBRUŠA – NOVA REŠITEV</b>	<b>18</b>
<b>4.1</b>	<b>Konstruktivska zasnova viadukta</b>	<b>18</b>
<b>4.1.1</b>	<b>Opis prostora</b>	<b>18</b>
<b>4.1.2</b>	<b>Izbira zasnove</b>	<b>18</b>
<b>4.1.3</b>	<b>Gabariti viadukta</b>	<b>19</b>
<b>4.1.4</b>	<b>Prometna zasnova</b>	<b>19</b>
<b>4.2</b>	<b>Temeljenje</b>	<b>20</b>
<b>4.2.1</b>	<b>Zasnova temeljenja</b>	<b>20</b>
<b>4.3</b>	<b>Podporna konstrukcija</b>	<b>21</b>
<b>4.3.1</b>	<b>Zasnova</b>	<b>21</b>
<b>4.3.2</b>	<b>Stebri</b>	<b>22</b>
<b>4.3.3</b>	<b>Oporniki</b>	<b>23</b>
<b>4.4</b>	<b>Zgornja konstrukcija</b>	<b>23</b>
<b>4.5</b>	<b>Oprema viadukta</b>	<b>24</b>
<b>4.5.1</b>	<b>Zgornji ustroj vozišča</b>	<b>24</b>
<b>4.5.2</b>	<b>Odvodnjavanje</b>	<b>25</b>
<b>4.5.3</b>	<b>Dilatacije, ležišča</b>	<b>25</b>
<b>4.5.4</b>	<b>Jeklene ograje</b>	<b>25</b>
<b>4.6</b>	<b>Terminski plan izvedbe del</b>	<b>25</b>
<b>4.6.1</b>	<b>Primerjava terminskega plana ter dejanske izvedbe del</b>	<b>26</b>
<b>4.7</b>	<b>Predvidene količine bistvenih materialov</b>	<b>26</b>
<b>4.8</b>	<b>Nova vrednost objekta</b>	<b>26</b>
<b>4.9</b>	<b>Tehnologija gradnje objekta</b>	<b>27</b>
<b>4.9.1</b>	<b>Organizacija gradbišča ter pripravljala dela</b>	<b>27</b>
<b>4.9.2</b>	<b>Izvedba temeljenja</b>	<b>29</b>
<b>4.9.3</b>	<b>Spodnja konstrukcija</b>	<b>35</b>
<b>4.9.4</b>	<b>Zgornja konstrukcija</b>	<b>39</b>
<b>4.9.5</b>	<b>Izvedba krova objekta (hidroizolacije, robni venci, ograje, odvodnjavanje, dilatacije)</b>	<b>46</b>
<b>4.9.6</b>	<b>Odprava napak v garancijski dobi</b>	<b>47</b>
<b>5</b>	<b>PRIMERJAVA OBEH VARIANT</b>	<b>49</b>
<b>5.1</b>	<b>Stroškovna primerjava variant</b>	<b>49</b>
<b>5.2</b>	<b>Primerjava izvedbe temeljenja</b>	<b>50</b>
<b>5.3</b>	<b>Primerjava izvedbe spodnje konstrukcije</b>	<b>50</b>
<b>5.4</b>	<b>Primerjava izvedbe zgornje konstrukcije</b>	<b>51</b>

---

<b>6</b>	<b>POSTOPEK SPREMEMBE IZVEDBE OBJEKTA</b>	<b>53</b>
<b>7</b>	<b>ANALIZA FINANČNE USPEŠNOSTI PROJEKTA</b>	<b>56</b>
<b>7.1</b>	<b>Ukrepi, ki bi zagotovili izboljšanje poslovnega rezultata</b>	<b>56</b>
<b>8</b>	<b>ZAKLJUČEK</b>	<b>57</b>
<b>VIRI</b>		<b>58</b>

## KAZALO PREGLEDNIC

Preglednica 1:	Predračunska rekapitulacija stroškov (brez DDV) .....	15
Preglednica 2:	Gabariti viadukta .....	19
Preglednica 3:	Karakteristični prečni prerez viadukta.....	20
Preglednica 4:	Predračunska rekapitulacija stroškov – nova varianta viadukta.....	26
Preglednica 5:	Stroškovna primerjava variant izvedbe viadukta.....	49

**KAZALO SLIK**

Slika 1:	Cene objektov, grajenih po sistemu s postopnim narivanjem konstrukcije .....	2
Slika 2:	Cene objektov, grajenih po sistemu prostokonzolne gradnje .....	3
Slika 3:	Potek trase AC mimo Radovljice do začetka viadukta Dobruša .....	5
Slika 4:	Tloris viadukta Dobruša po projektu PZR .....	7
Slika 5:	Vzdolžni prerez viadukta Dobruša po projektu PZR – konzolna gradnja prekladne konstrukcije s temeljenjem na vodnjakih.....	8
Slika 6:	Vzdolžni prerez podpore – vodnjaka v osi 3.....	9
Slika 7:	Vzdolžni prerez stebra v osi 1 .....	10
Slika 8:	Shema gradnje prekladne konstrukcije viadukta Dobruša po projektu PZR .....	12
Slika 9:	Izvedba prostokonzolne gradnje viadukta Peračica .....	13
Slika 10:	Tloris viadukta Dobruša po projektu PGD/PZI .....	18
Slika 11:	Vzdolžni prerez viadukta Dobruša po projektu PZI – narivanje prekladne konstrukcije s temeljenjem na pilotih .....	19
Slika 12:	Prečni prerez – temeljenje v osi 2 .....	21
Slika 13:	Tloris podpore 3, 4, 5 .....	22
Slika 14:	Prečni prerez podpore v osi 5.....	23
Slika 15:	Prečni prerez prekladne konstrukcije v polju.....	24
Slika 16:	Shema postavitve žerjavov ter izvedba dostopnih poti.....	28
Slika 17:	Shema organizacije gradbišča na območju delavnice za narivanje .....	29
Slika 18:	Izvedba torkretnega obrizga na podpori 6D.....	30
Slika 19:	Vrtanje pasivnih sider .....	30

Slika 20:	Izkop pilota na podpori 6D.....	32
Slika 21:	Betoniranje pilota z betonsko avtočrpalko na podpori 6D .....	33
Slika 22:	Piloti na podpori 5D po odbitju nekvalitetnega betona – glave pilota .....	34
Slika 23:	Sprememba oblike temeljne blazine na podpori 4l .....	35
Slika 24:	Sestavljen opaž prve kampade stebra .....	36
Slika 25:	Opaž stebra – tloris .....	37
Slika 26:	Prerez plezajočega opaža.....	38
Slika 27:	Delavnica za narivanje zgornje konstrukcije, betoniranje prvega takta levega objekta .....	40
Slika 28:	Hidravlična oprema za narivanje konstrukcije – potisni cilindri.....	42
Slika 29:	Kljun za narivanje.....	43
Slika 30:	Poškodba asfalta na voznem pasu .....	48
Slika 31:	Izvedba začasne podpore na viaduktu Peračica.....	51
Slika 32:	Arheološko gradbišče – Vila Rustica na območju opornika 1 viadukta Dobruša na jeseniški strani .....	54

## 1 UVOD

V skladu z Nacionalnim programom izgradnje avtocest v Republiki Sloveniji je investitor DARS d. d. do konca leta 2011 predal v promet 1138 objektov razpetine več kot 5 metrov, od česar je 191 viaduktov. Viadukti v Sloveniji so večinoma grajeni kot prednapeti armiranobetonski kontinuirni ali okvirni sistemi. Zgrajeni so s pomočjo različnih tehnologij:

- gradnja na nepomičnem odru (primerna je za krajše viadukte z razponom do 45 m),
- gradnja z montažnimi nosilci (primerna za razpone do 30 m),
- gradnja na pomičnem odru (primerna za viadukte večjih dolžin s tipskim razponom do 50 m),
- gradnja s postopnim narivanjem (primerna je za daljše objekte dolžine do 800 m, objekti morajo biti v konstantnem radiju ali v premi; maksimalna dolžina razponov do 60 m),
- prostokonzolna gradnja (primerna je za premoščanje večjih razpetin do 250 m).

V sklopu izgradnje avtocestnega odseka AC Vrba–Peračica je podjetje Primorje d. d. skupaj s podjetjem SCT d. d. podpisalo pogodbo za izgradnjo viadukta Dobruša. Po interni delitvi del je podjetju Primorje d. d. pripadla izvedba celotnega objekta, podjetju SCT d. d. pa izvedba hidroizolacijskih del na objektu. V skladu z razpisno dokumentacijo naročnika je bila tehnologija izgradnje viadukta zasnovana kot prostokonzolna gradnja zgornje konstrukcije s temeljenjem vmesnih podpor na vodnjakih.

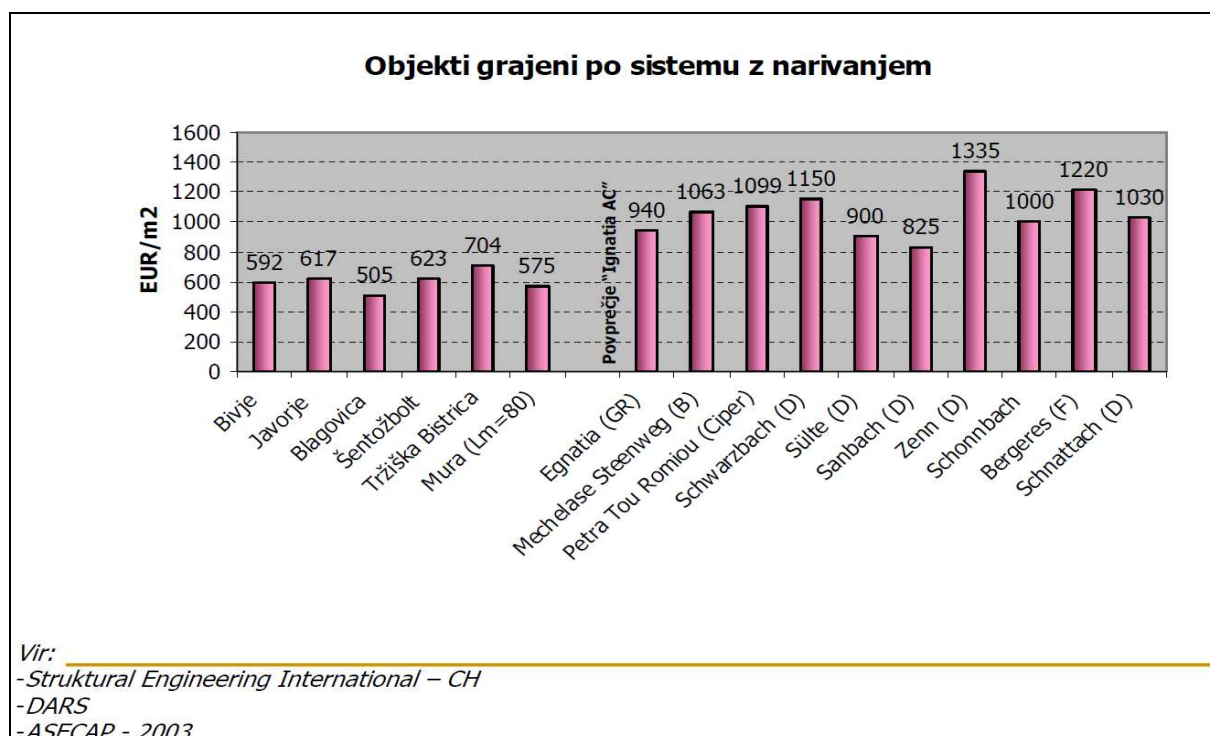
Podjetje Primorje d. d. je po podpisu pogodbe naročniku podalo predlog spremembe izvedbe objekta. Predlagalo je spremembo tehnologije izvedbe zgornje konstrukcije ter spremembo izvedbe temeljenja. Zgornja konstrukcija bi se izvajala s tehnologijo gradnje s postopnim narivanjem, vmesne podpore pa bi se temeljile na pilotih.

## 1.1 Namen diplomske naloge

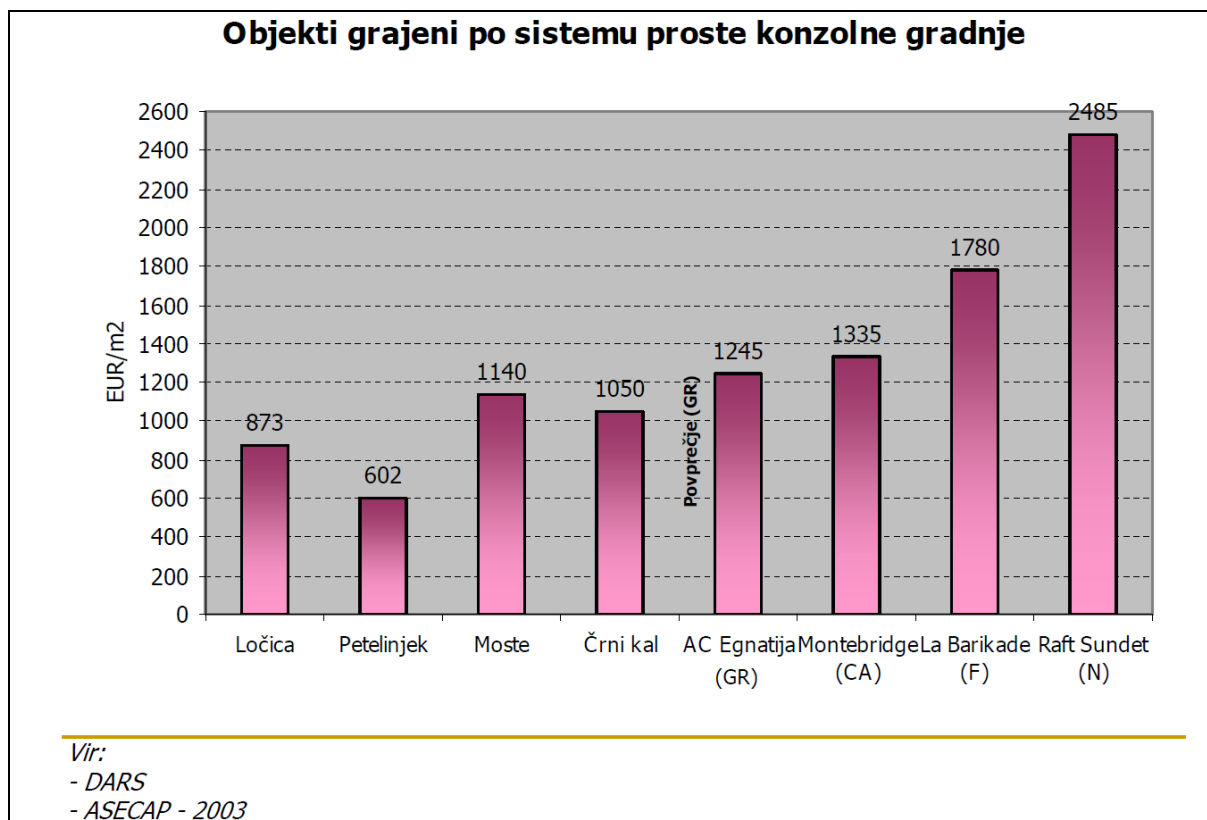
Namen diplomske naloge je dokazati pozitivne učinke predlagane spremembe izvajalca, ki jo je investitor naknadno odobril. V nadaljevanju bom primerjal prvotno rešitev iz razpisne dokumentacije naročnika ter spremenjeno izvedbo projekta.

Gradbene pogodbe za objekte avtocestnega programa so pripravljene v skladu z določili gradbenih pogodb FIDIC. FIDIC je francoska kratica (Fédération Internationale des Ingénieurs – Conseils) za mednarodno zvezo svetovalnih inženirjev. Uporabljala se je tako imenovana rdeča knjiga – Pogoji gradbenih pogodb za gradbena in inženirska dela, ki jih načrtuje naročnik. V skladu s 13. poglavjem Spremembe in prilagoditve lahko izvajalec predlaga naročniku spremembe v izvedbi projekta, ki, če je predlog sprejet, pospešijo gradnjo oziroma zmanjšajo naročnikove stroške. V 13.3 členu Postopek spremembe je tudi natančno opisan protokol sprejetja izvajalčevega predloga.

## 1.2 Primerjava stroškov graditve viaduktov glede na izbrano tehnologijo izvedbe



Slika 1: Cene objektov, grajenih po sistemu s postopnim narivanjem konstrukcije



Slika 2: Cene objektov, grajenih po sistemu prostokonzolne gradnje

Na osnovi razpoložljivih podatkov (vir.: Skulj, S. Stroški graditve avtocest. 2007) so cene viaduktov, zgrajenih s tehnologijo postopnega narivanja konstrukcije, za cca. 35% nižje od cene viadukta, izgrajenega s tehnologijo prostokonzolne gradnje. V primerjavo cen prostokonzolne gradnje sta vključena viadukta Ločica ter Petelinjek na AC odseku Vransko - Blagovica. Ta dva viadukta sta bila po mojem mnenju pogojena precej pod svojo lastno ceno, kar govori še bolj v prid upravičenosti izvedbe tehnologije narivanja.

Če primerjamo cene podobnih objektov v tujini, vidimo, da so pogojene cene viaduktov v Republiki Sloveniji daleč pod evropskim povprečjem. Zaradi hude konkurence so bila slovenska gradbena podjetja na javnih razpisih velikokrat prisiljena ponuditi cene, ki niso bile ekonomsko upravičene. Ker so viadukti ponavadi pogojeni »na ključ«, kar pomeni, da je cena objekta fiksna, izvajalec ne more zahtevati višjih cen zaradi spremenjenih okoliščin med gradnjo. Možnost, ki je dopuščena izvajalcu, je prilagoditev izvedbe viadukta na tehnologijo, ki ustreza izvajalcu, če je to izvedljivo.



## **2 OPIS TRASE AC VRBA–PERAČICA**

### **2.1 Splošno**

Septembra 2004 je bila sprejeta uredba o državnem lokacijskem načrtu za avtocesto na odseku Vrba–Peračica. S to uredbo je bil v prostor umeščen še zadnji, približno 10 km dolg odsek vzdolž Lesce do viadukta Peračica. Glede lokacije trase je več desetletij potekala dolga razprava o najprimernejši lokaciji v krajinsko in bivanjsko zelo kvalitetnem prostoru.

### **2.2 Prometni podatki**

V skladu s prometno študijo Radovljice AC odsek Vrba–Peračica (PNZ d. o. o. 12-904 junij–oktober 2002) bodo na omenjenem avtocestnem odseku leta 2020 naslednje prometne obremenitve:

- med AC priključkom Lesce proti Vrbi	28.636 vozil/dan
- med priključkom Lesce in Radovljica	31.105 vozil/dan
- med AC priključkom Radovljica in Brezje	40.870 vozil/dan
- med AC priključkom Brezje in Peračico	43.954 vozil/dan

### **2.3 Konfiguracija terena in geološki pogoji**

Večji del trase poteka po ravninskem območju Leško Radovljiškega polja. Pred vasjo Mošnje trasa prečka globeli potokov Zgoša ter Dobruša. Globeli potokov premoščata viadukta Zgoša ter Dobruša.

Vzhodno obrobje Radovljiškega polja zaključuje ledeniška morena. Trasa v večji meri odseka poteka po prodnih in konglomeratnih zasipih. Humozna plast je na odseku debeline 0,2 do 0,6 m.



Slika 3: Potek trase AC mimo Radovljice do začetka viadukta Dobruša

## 2.4 Tehnični podatki

Pri načrtovanju trase so bili upoštevani predpisi za računsko hitrost 120 km/h, po spremembi zakonodaje pa je na cesti dovoljena hitrost 130 km/h. Ker trasa poteka po pretežno ravninskem področju, je razmeroma iztegnjena. Najmanjši računski radij je 3000 m.

Avtocesta je zasnovana kot štiripasovnica z odstavnima pasovoma na celotnem odseku. Normalni prečni profil ceste je 27,70 m. Karakteristični prečni prerezi sestavljajo:

- vozni + prehitevalni pas	4 x 3,75 m =	15,00 m
- odstavni pas	2 x 2,5 m =	5,00 m
- srednji ločilni pas	1 x 3,20 m =	3,20 m
- robni pas	2 x 0,50 m =	1,00 m
- koritnica	2 x 0,75 m =	1,50 m

- berma  $2 \times 1,00\text{m} = 2,00 \text{ m}$

---

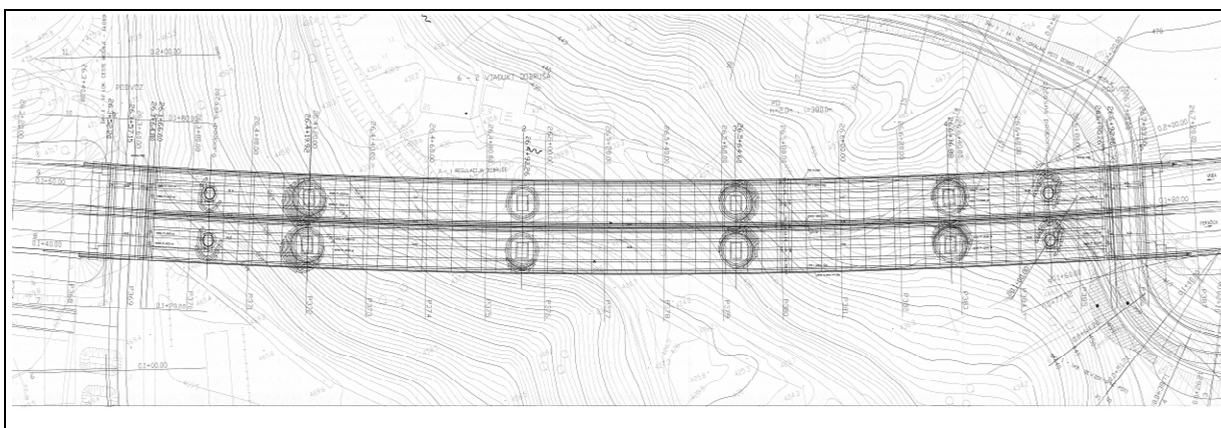
Skupaj NNP:  $27,70 \text{ m}$

### 3 OPIS VIADUKTA DOBRUŠA – OSNOVNA REŠITEV

#### 3.1 Konstruktivska zasnova viadukta

##### 3.1.1 Opis prostora

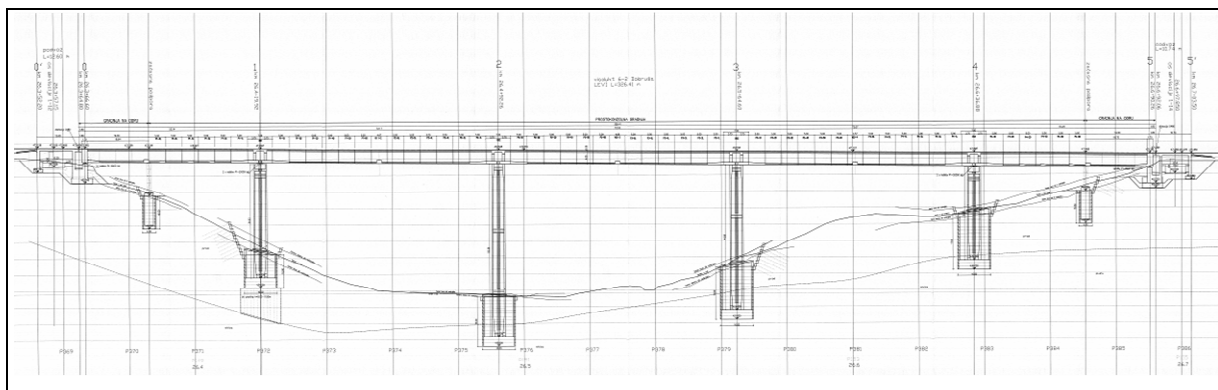
Viadukt premošča globel hudournika Dobruša, ki se nahaja v najnižji točki do 50 m pod nivoletu avtoceste. Trasa AC na tem območju poteka v horizontalnem radiju 3000 m in vzdolžnem padcu 0,65 %. Prečni sklon je na celotnem objektu konstanten in znaša 2,50 %.



Slika 4: Tloris viadukta Dobruša po projektu PZR

##### 3.1.2 Izbira zasnove

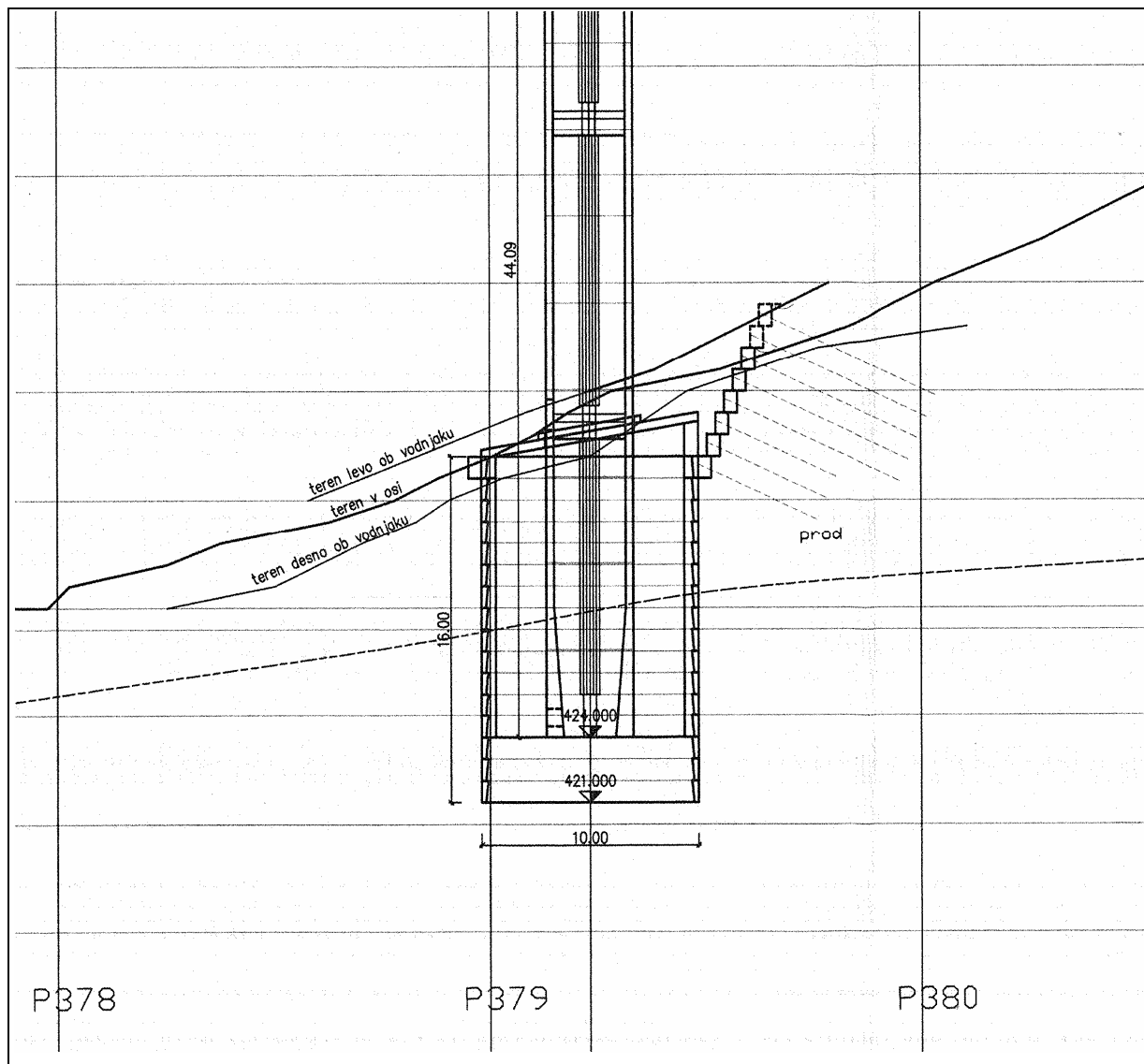
Ker gre za premoščanje večjih razponov visoko nad koto terena, je bila za tehnologijo gradnje izbrana prostokonzolna gradnja. Viadukta sta zasnovana kot ločena prednapeta kontinuirna nosilca AB preko petih polj z razpetinami  $53,65 + 3 \times 72,5 + 53,65 = 324,80$  m. Projektant je prehod lokalnih cest speljal skozi opornika na ljubljanski ter jeseniški strani viadukta.



Slika 5: Vzdolžni prerez viadukta Dobruša po projektu PZR – konzolna gradnja prekladne konstrukcije s temeljenjem na vodnjakih

### 3.2 Temeljenje

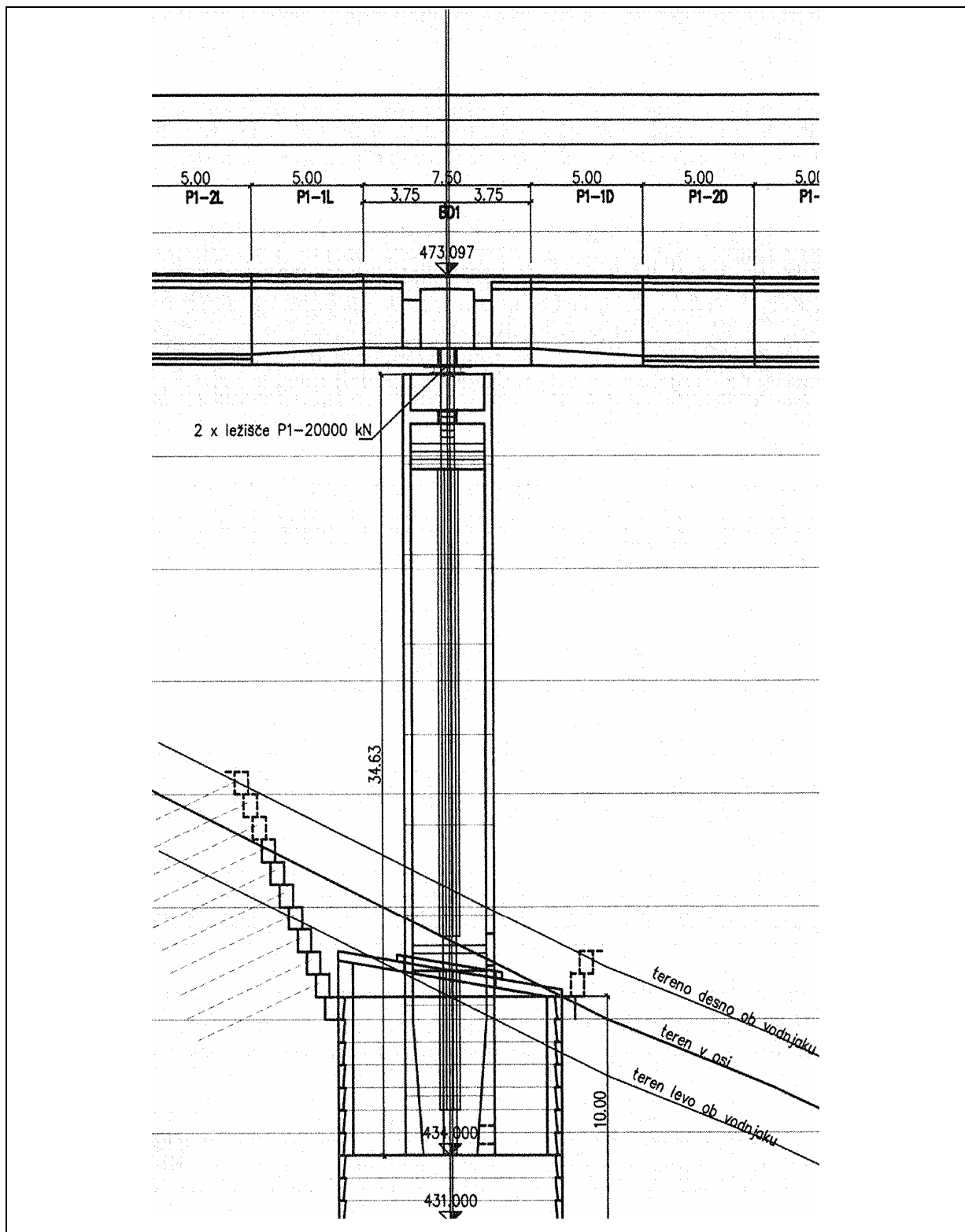
Krajna opornika v osi 0 ter v osi 5 sta plitvo temeljena na pasovnih temeljih v produ. Temelji začasnih podpor, ki so potrebne za podpiranje opaža gradnje na odru, so temeljeni na vodnjakih premera 4,00 m ter globine 10,00 m. Stebri v oseh 2, 3 in 4 so temeljeni na okroglih vodnjakih premera 10,00 m in globine do 17,00 m. Izvedba vodnjakov je predvidena s postopnim izkopom ter betoniranjem trapeznih prstanov od zgoraj navzdol. Obroči so naknadno obbetonirani z 0,30 m debelo monolitno steno – plaščem vodnjaka. Temeljna plošča je debeline 3,00 m. Po izvedbi stebra se izvede zgornja plošča – pokrov vodnjaka. Hkrati z izvedbo izkopov do kote vrha vodnjaka se izvaja zaščita brežin z armiranobetonskimi prstani, ki so sidrani s pasivnimi sidri v zaledno hribino. Vodnjaki 2, 3 in 4 so bili temeljeni v sivici, ki ima ugodne geomehanske lastnosti. Na vodnjaku 1 je bilo prvotno zamišljeno dno vodnjaka v produ ter z ojačitvijo tal z »jet groutingom«. Na osnovi mnenja recenzijske komisije se je podaljšalo kole »jet grouting« do trdne podlage – kompaktne svice.



Slika 6: Vzdolžni prerez podpore – vodnjaka v osi 3

### 3.3 Podporna konstrukcija

Stebra v oseh 1 in 4 prevzemata obtežbo prekladne konstrukcije preko ločnih ležišč. Prečni prerez ima obliko škatle dimenzij 4,00 x 5,46, ki je konstantna po celotni dolžini. Debelina sten je konstantna in znaša 35 cm. Stene so na priključku na temeljno ploščo vodnjaka vutasto ojačane navznoter. Stebra v oseh 2 in 3 sta vpeta v prekladno konstrukcijo in se v ostalih stvareh ne razlikujeta od stebrov v oseh 1 in 4.



Slika 7: Vz dolžni pre rez ste bra v osi 1

### **3.4 Prekladna konstrukcija**

Razpetina se premešča s petimi razponi dimenzij  $53,65 + 72,50 + 72,50 + 72,50 + 53,65$  m. Prečni prerez prekladne konstrukcije je trapezna škatla konstantne višine 4,00 m. Zgornja pasnica je široka 14,10 m, spodnja pa 5,46 m. Stojini sta v naklonu. Širina stojin znaša 0,50 m in je konstantna po celotni dolžini viadukta. V vseh poljih se izvedejo deviatorji za zunanje kable, ki v osnovnem projektu niso predvideni, potrebni pa bi bili ob izrednem prevozu ali sanaciji viadukta. Prekladna konstrukcija se izvede s pomočjo tehnologije prostokonzolne gradnje. Dolžine posameznih segmentov so 5,00 m.

#### **3.4.1 Tehnologija prostokonzolne gradnje**

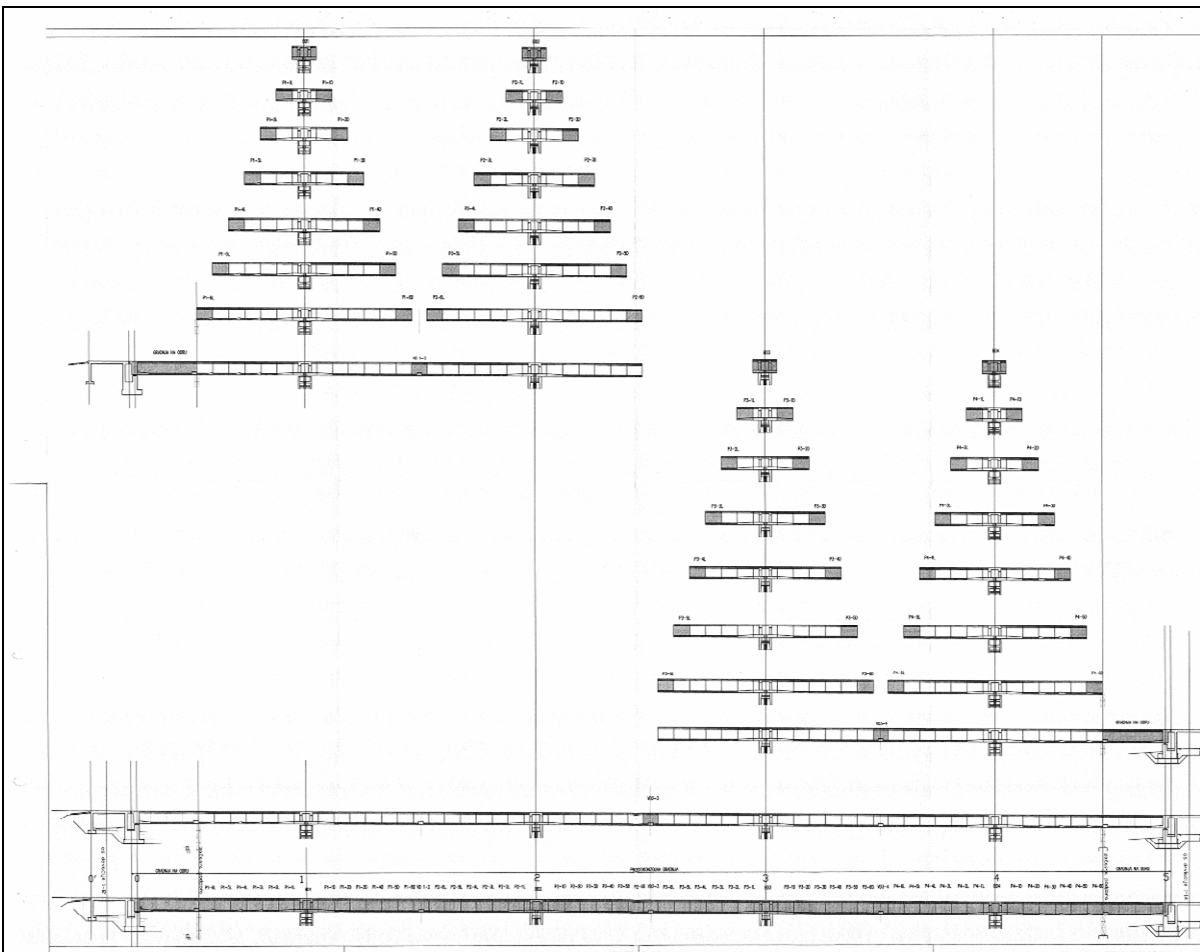
Prostokonzolna gradnja viadukta Dobruša je bila v ponudbi zamišljena z dvema paroma opažnih vozičkov ter lamelami dolžine 5 m. Pri prostokonzolni gradnji se po končani izvedbi stebrov izvede naprej bazni del preklade na vrhu stebra. Na podporah, kjer so bila predvidena končna ločna ležišča, je treba izvesti sidranje baznega dela v steber. Prostokonzolna gradnja se izvaja s posebnimi opažnimi vozički, ki se premikajo med lokacijami lamel na posebnih tirnicah. Za izvedbo tipičnega segmenta prostokonzolne gradnje običajno potrebujemo sedem dni. Aktivnosti izvedbe enega takta so:

- premik vozička na novo pozicijo,
- pritrditev vozička na obstoječi beton,
- pritrditev in nastavitev opaža spodnje plošče in zunanjšega opaža sten,
- armiranje spodnje plošče in sten,
- postavitve notranjega opaža,
- armiranje zgornje plošče in postavitve cevi za kable za prednapenjanje,
- betoniranje spodnje plošče in sten,
- betoniranje zgornje plošče takoj po betoniranju sten,
- nega betona do potrebne trdnosti za prednapenjanje,
- premik tirnic, po katerih premikamo voziček v naslednjo fazo, in pritrditev tirnic,



- napenjanje kablov,
- odstranitev opaža,
- premik vozička na naslednji segment.

V obdobju enega tedna z enim opažnim vozičkom tako simetrično izvedemo 2 x 5 m zgornje konstrukcije.



Slika 8: Shema gradnje prekladne konstrukcije viadukta Dobruša po projektu PZR

Po izvedbi zadnje konzole na konzolni mizi se premakne vozičke nazaj, da se jih demontira. Dve konzoli spajamo skupaj z veznimi konzolami, v katerih so posebni kovinski vezni elementi, ki jih varimo skupaj.

Vzporedno s konzolno gradnjo lahko izvedemo gradnjo na odru med opornikom 0 in oporo 1 ter gradnjo na odru med oporo 4 in opornikom 5. Betonaža gradnje na odru mora potekati po končanju konzolne gradnje. Kot zadnja se zabetonira vezna lamela med oporama 2 in 3.



Slika 9: Izvedba prostokonzolne gradnje viadukta Peračica

Betonaže lamel prostokonzolne gradnje se izvajajo s pomočjo stacionarne črpalke ter betonovoda. Betoniranje segmentov na konzolni mizi poteka izmenično.

### 3.5 Oprema viadukta

#### 3.5.1 Zgornji ustroj vozišča

Zgornji ustroj vozišča je bil predviden v naslednji sestavi:

- obrabna plast SMA 11  $d = 4$  cm,
- zaščitna plast SMA 8  $d = 3$  cm,
- hidroizolacija:
  - tesnilni trak,

- lepilna masa,
- predhodni epoksi premaz.

### 3.5.2 Odvodnjavanje

Odvodnjavanje viadukta je bilo predvideno s 3,0-metrskimi litoželeznimi cevmi. Cevi bi se spajale s tesnili iz elastomerne gume in z objemkami iz nerjavečega jekla. Cevi bi morale biti znotraj in zunaj zaščitene z epoksidnimi premazi ter dodatnim barvanjem v sivi barvi.

### 3.5.3 Dilatacije, ležišča

Zahtevana dilatacija je bila  $\pm 480$  mm. Zahteva po protihrupni dilataciji v projektu PZR ni bila omenjena. Na krajnih opornikih sta bili predvideni po dve ločni ležišči z dovoljeno obremenitvijo 8000 KN, na podporah 1 in 4 pa po dve ločni ležišči z dopustno obremenitvijo 20000 KN.

## 3.6 Terminski plan izvedbe del

Pogodbeni rok za dokončanje del je bil 22 mesecev, od česar sta bila dva meseca predvidena za projektiranje PGD in PZI. V skladu s terminskim planom, priloženem k ponudbi, bi samo izvedba temeljenja trajala šest mesecev. Ob predpostavki, da bi za izvedbo zgornje konstrukcije uporabljali dva para opažnih vozičkov, bi potrebovali za eno polovico prekladne konstrukcije šest mesecev. Plan, ki je bil priložen k osnovni ponudbi, je bil sicer realen, vendar ni upošteval morebitnih zamud pri izkopu vodnjakov ter zimskih prekinitev.

## 3.7 Predvidene količine bistvenih materialov

V skladu s popisom del iz razpisne dokumentacije bi bilo treba vgraditi naslednje količine materialov, ki so bistvenega pomena pri gradnji:

- opaž: 41.300 m<sup>2</sup>
- beton: 17.025 m<sup>3</sup>
- betonsko jeklo: 2.875,00 t
- kabli za prednapenjanje: 263,00 t

### 3.8 Predračunska vrednost

V Preglednici 1 so prikazane vrednosti po posameznih sklopih del. Predračunska vrednost objekta je znašala 8.887.734,50 EUR, kar je 12 % manj, kot je znašala omejena zgornja vrednost objekta v razpisnih pogojih. Objekt se obračunava po sistemu »ključ v roke« z izjemo temeljenja, ki se obračuna po dejanskih količinah v skladu s potrjeno knjigo obračunskih izmer. Za vsa morebitna dodatna in nepredvidena dela je treba skleniti aneks pred izčrpanjem sredstev na pogodbi. Aneks se pripravi na osnovi potrjenih zahtevkov, ki so pripravljene v skladu s kalkulativnimi osnovami in cenami iz osnovne pogodbe.

Preglednica 1: Predračunska rekapitulacija stroškov (brez DDV)

<b>Viadukt Dobruša – desni objekt</b>	<b>4.141.109,07 EUR</b>
Temeljenje desne polovice	981.819,01 EUR
Tehnična dokumentacija	141.879,49 EUR
Spodnja konstrukcija	728.961,29 EUR
Zgornja konstrukcija	1.615.785,78 EUR
Krov (izolacije, asfalti, dilatacije)	342.170,39 EUR
Odvodnjavanje	96.521,71 EUR
Prometna oprema (talna in vertikalna)	126.853,94 EUR
<b>Viadukt Dobruša – levi objekt</b>	<b>4.197.630,86 EUR</b>
Temeljenje leve polovice	976.376,20 EUR
Tehnična dokumentacija	141.879,49 EUR
Pripravljalna in zaključna dela	107.079,99 EUR
Spodnja konstrukcija	716.429,98 EUR
Zgornja konstrukcija	1.611.602,80 EUR

Krov (izolacije, asfalti, dilatacije)	316.645,92 EUR
Odvodnjavanje	96.042,86 EUR
Prometna oprema (talna in vertikalna)	231.573,61 EUR
<b>Krajni opornik v osi 0</b>	<b>268.086,17 EUR</b>
Temeljenje opornika v osi 0	53.006,30 EUR
Tehnična dokumentacija	8.867,47 EUR
Pripravljalna in zaključna dela	4.519,71 EUR
Spodnja konstrukcija	79.527,28 EUR
Zgornja konstrukcija	83.243,10 EUR
Krov (izolacije, asfalti, dilatacije)	19.167,05 EUR
Odvodnjavanje	407,90 EUR
Prometna oprema (talna in vertikalna)	19.347,37 EUR
<b>Krajni opornik v osi 5</b>	<b>280.908,41 EUR</b>
Temeljenje opornika v osi 5	62.532,14 EUR
Tehnična dokumentacija	8.867,47 EUR
Pripravljalna in zaključna dela	4.543,12 EUR
Spodnja konstrukcija	87.902,33 EUR
Zgornja konstrukcija	79.876,70 EUR
Krov (izolacije, asfalti, dilatacije)	17.233,56 EUR
Odvodnjavanje	407,90 EUR
Prometna oprema (talna in vertikalna)	19.545,18 EUR

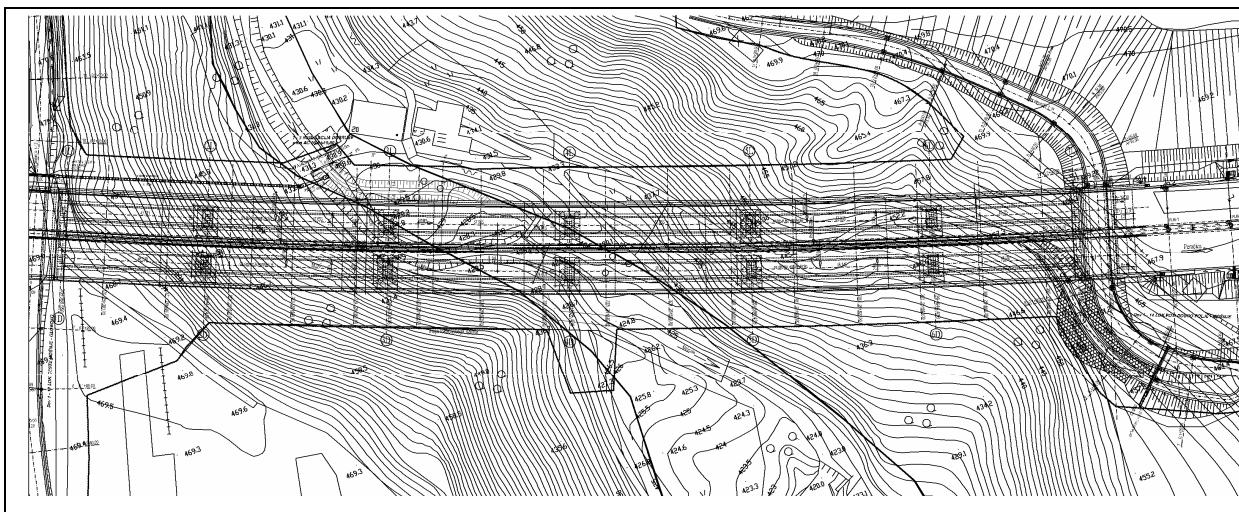
<b>SKUPAJ VIADUKT DOBRUŠA:</b>	<b>8.887.734,50 EUR</b>
--------------------------------	-------------------------

## 4 VIADUKT DOBRUŠA – NOVA REŠITEV

### 4.1 Konstruktivna zasnova viadukta

#### 4.1.1 Opis prostora

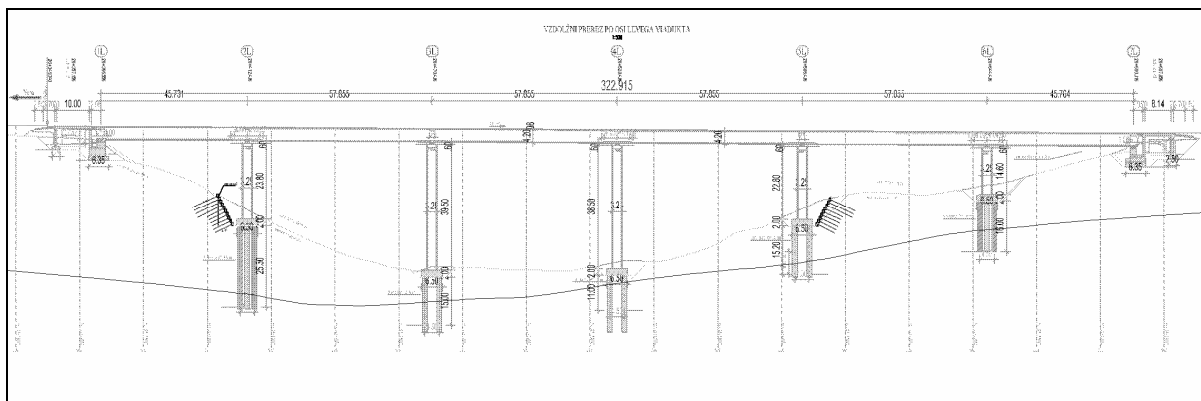
Niveleta, prečni in vzdolžni sklon so ostali enaki kot v osnovni varianti. Edina sprememba, ki je posegla v prostor, je bila dodatna podpora zaradi zmanjšanja razponov prekladne konstrukcije. Zaradi lepšega vključevanja objekta v prostor je bila na reviziji projekta PGD/PZI podana pripomba, da se gradbene jame, potrebne za izvedbo temeljenja, zasuje ter uredi v prvotno stanje.



Slika 10: Tloris viadukta Dobruša po projektu PGD/PZI

#### 4.1.2 Izbira zasnove

Viadukta sta zasnovana kot ločeni prednapeti kontinuirni nosilec AB preko šestih polj z razpetinami  $46 + 4 \times 58 + 46 = 324$  m. Položaj podpor in velikost razpetin je prilagojena obliki doline ter tehnologiji gradnje prekladne konstrukcije z narivanjem. Ritem stebrov in dolžine segmentov so izbrani tako, da so stebri na nivoju terena paroma horizontalno poravnani. Razmerje oken, ki jih ustvarjajo stebri ter prekladna konstrukcija v krajini, se približuje razmerju zlatega reza. Prehod lokalnih cest je identičen kot v fazi PZR in poteka skozi opornike v oseh 0 in 7.



Slika 11: Vzdolžni prerez viadukta Dobruša po projektu PZI – narivanje prekladne konstrukcije s temeljenjem na pilotih

#### 4.1.3 Gabariti viadukta

Preglednica 2: Gabariti viadukta

Objekt	Dolžina viadukta v osi konstrukcije (od osi do osi dilatacije)	Širina	Površina objekta
Levi	327,07 m	14,95 m	4.889,70 m <sup>2</sup>
Desni	328,76 m	14,80 m	4.865,70 m <sup>2</sup>
Skupaj			9.755,40 m <sup>2</sup>

#### 4.1.4 Prometna zasnova

Niveleta viadukta poteka v konstantnem vzdolžnem padcu 0,65 %. Os trase v območju viadukta poteka v radiju 3000 m. Na območju viadukta je prečni padec konstanten in znaša 2,50 %.



Preglednica 3: Karakteristični prečni prerez viadukta

<b>Levi zunanji rob</b> PH ograja + hodnik + BVO	0,4 + 0,75 + 0,5	1,65 m
<b>Vozišče</b> Var. pas + odstavni pas + vozni pas + preh. pas	1,3 + 2,5 + 3,75 + 3,75	11,30 m
<b>Vmesni hodnik</b> Var. odmik + odbojna ograja + hodnik + odbojna ograja + var. odmik	0,5 + 0,4 + 0,1 + 0,4 + 0,6 + 0,1 0,1 + 0,6 + 0,4 + 0,1 + 0,4 + 0,5	2,10 m  2,10 m
<b>Vozišče</b> Var. pas + odstavni pas + vozni pas + preh. pas	1,3 + 2,5 + 3,75 + 3,75	11,30 m
<b>Desni zunanji rob</b> ogreja + hodnik + BVO	0,5 + 0,75 + 0,25	1,50 m
<b>SKUPAJ:</b>		<b>29,95 m</b>

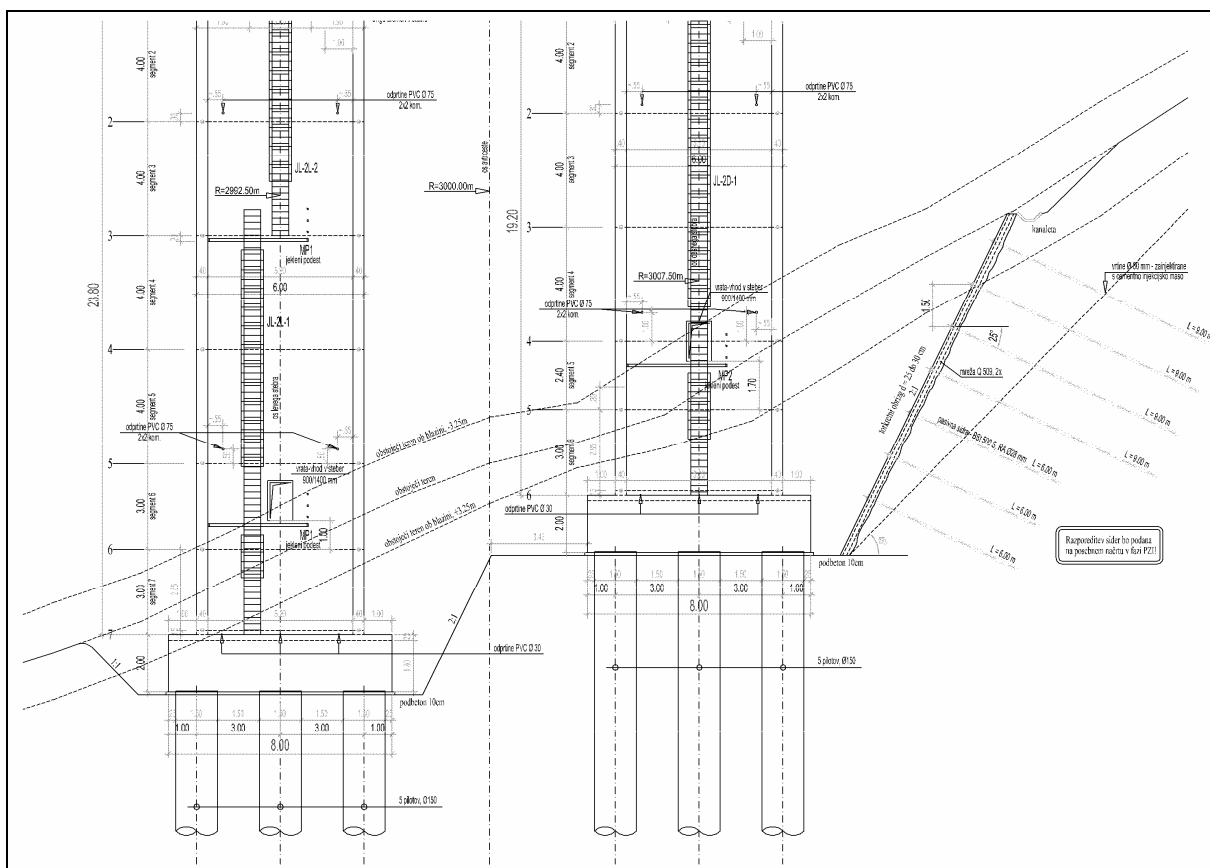
## 4.2 Temeljenje

### 4.2.1 Zasnova temeljenja

V skladu s projektom PZI je na vmesnih podporah predvideno globoko temeljenje na uvrtnih armiranobetonskih pilotih premera 150 cm. Projektirane dolžine pilotov so 14,0 do 35,0 m in segajo v kompaktno hribinsko osnovo sivice. Dolžine pilotov so določene na osnovi revidiranega geološkega poročila.

Vmesni podpori 2 in 6 sta globoko temeljeni na petih uvrtnih pilotih premera 150 cm, ki so dolžine 16,00–35,00 m. Vmesne podpore 3, 4, 5 pa so globoko temeljene na šestih uvrtnih pilotih premera 150 cm in dolžine 14,00–19,00 m.

Krajna opornika, ki sta obenem podvoza za lokalne ceste, sta plitvo temeljena na pasovnih temeljih.



Slika 12: Prečni prerez – temeljenje v osi 2

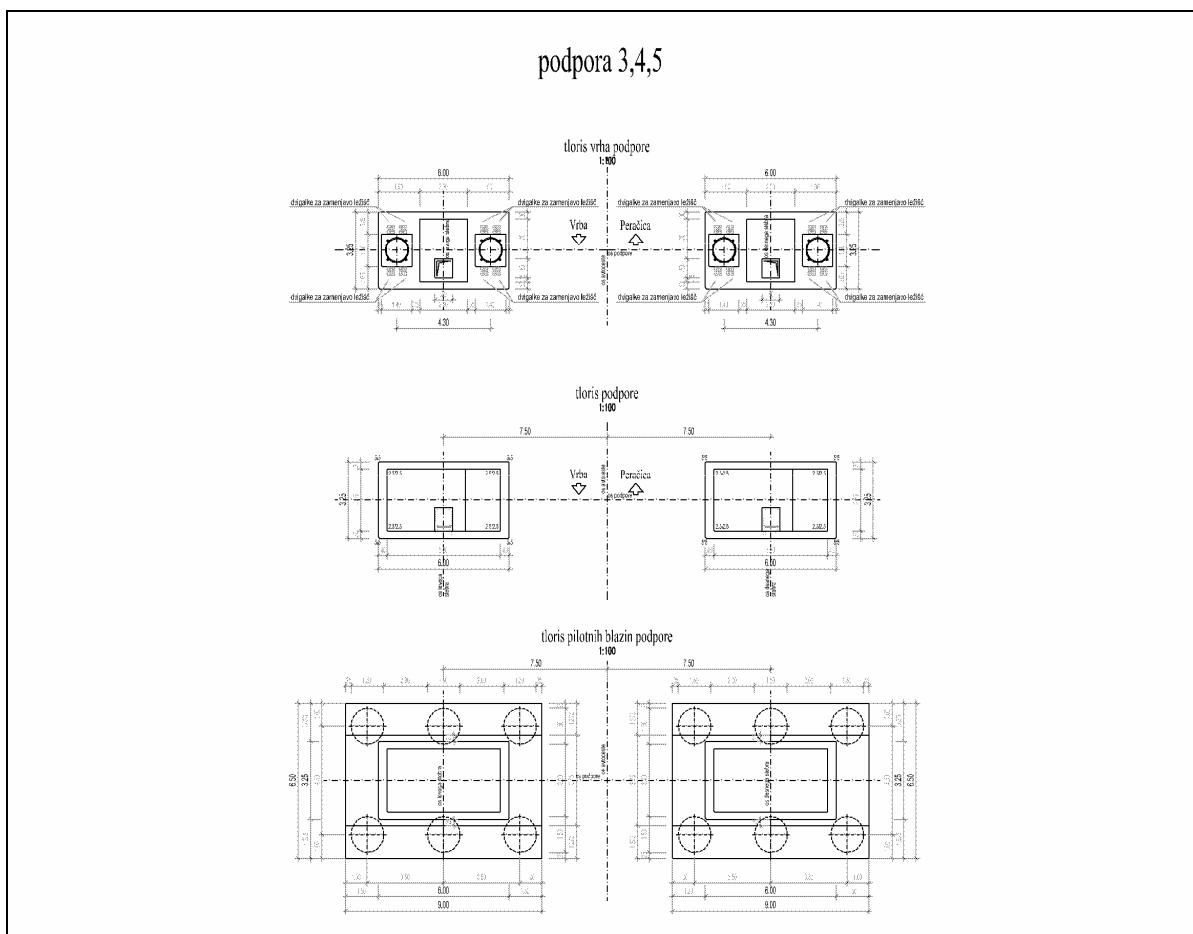
### 4.3 Podporna konstrukcija

#### 4.3.1 Zasnova

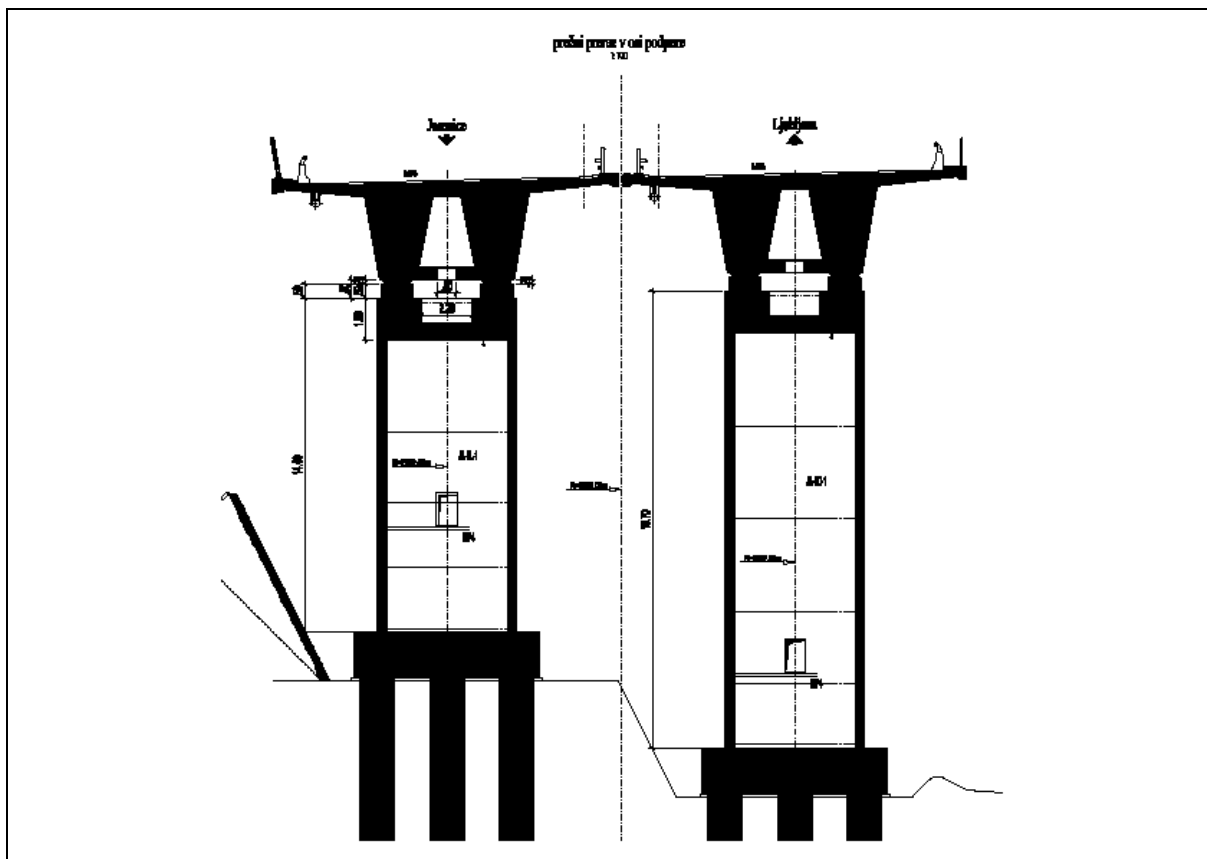
Objekt je zasnovan kot ena zavorna enota z dilatacijami samo na krajnih opornikih. Na opornikih so vgrajena tudi drsna ležišča, ki so prečno nepomična. Vzdolžne sile ter vsiljene obtežbe v vzdolžni smeri se prenašajo v skladu s togostnimi karakteristikami vmesnih podpor 2, 3, 4 in 5, ki imajo na vrhu vgrajeno prečno in vzdolžno nepomično ležišče. Na stebri podpore 6 ter na krajnih opornikih so vgrajena prečno nepomična drsna ležišča. Obtežba v prečni smeri se prenaša preko vseh podpor 1–7.

### 4.3.2 Stebri

Prečni prerez stebrov je pravokoten škatlasti prerez zunanjih dimenzij 6,0 x 3,50 m. Debelina stene je v vzdolžni smeri 30 cm, v prečni pa 40 cm. Višina posameznih stebrov se giblje med 14,4 m–41,6 m. Na vrhu stebrov je predviden prostor za vgradnjo začasnih ležišč v fazi narivanja konstrukcije ter prostor za končna ležišča. Prav tako je predviden prostor za namestitvev dvigalk za zamenjavo ležišč.



Slika 13: Tloris podpore 3, 4, 5



Slika 14: Prečni prerez podpore v osi 5

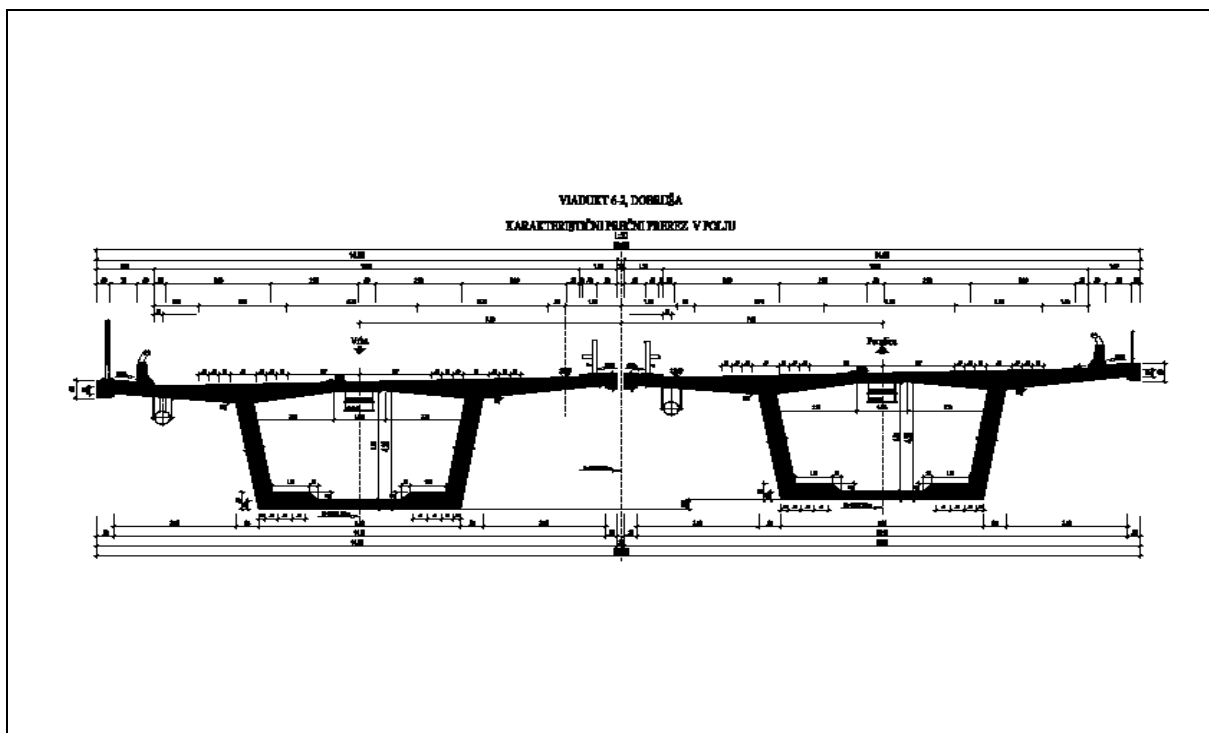
### 4.3.3 Oporniki

Opornika 1 in 7 sta zasnovana kot podvoza, skozi katera potekata deviaciji lokalnih cest. Sta skupna za obe voziščni konstrukciji in zasnovana kot okvir AB na pasovnih temeljih. Pod objektom na jeseniški strani poteka deviacija lokalne ceste 1–12 Mošnjje–Globoko, na ljubljanski strani viadukta pa pod objektom poteka deviacija 1–14 lokalne ceste Mošnjje–Dobro Polje. Razpon podvoza na jeseniški strani znaša 10 m, višina od cestišča pa 4,50 m. Na ljubljanski strani je razpon podvoza 8,14 m, višina od cestišča pa 4,20 m.

## 4.4 Zgornja konstrukcija

Zgornja konstrukcija je zasnovana kot kontinuirna betonska škatlasta konstrukcija. Statični razponi levega in desnega viadukta so v osi konstrukcije  $46,0 + 4 \times 58,0 + 46,0 = 324$  m. Prečni prerez konstrukcije je zasnovan kot škatlasti prerez s statično višino  $H = 4,2$  m in poševnimi stojinami. Širina spodnje plošče je 5,80 m, širina voziščne plošče pa 14,10 m.

Debelina zgornje plošče je med 25–55 cm, debelina konzole je med 22–55 cm, debelina stojine je 50 cm, debelina spodnje plošče pa 30–55 cm.



Slika 15: Prečni prerez prekladne konstrukcije v polju

Tehnologija gradnje je bilo postopno narivanje podporne konstrukcije iz smeri Ljubljane proti Jesenicam. Tipična dolžina posameznega takta znaša od 29,00 do 32,90 m, skupno enajst delovnih taktov za izdelavo enega viadukta.

## 4.5 Oprema viadukta

### 4.5.1 Zgornji ustroj vozišča

Zgornji ustroj vozišča je izveden v naslednji sestavi:

- obrabna plast SMA 11 d = 4 cm, vezivo PmB 45/80-65, razred prometne obremenitve A2,

- zaščitna plast SMA 8  $d = 3$  cm, vezivo PmB 45/80 -65, razred prometne obremenitve A2,
- hidroizolacija:
  - polno varjen bitumenski trak debeline 5 cm,
  - epoksidni premaz,
  - predhodni epoksidni premaz s posipom iz kremenčevega peska.

#### **4.5.2 Odvodnjavanje**

Odvodnjavanje viadukta je izvedeno s talnimi izlivniki ter cevkami za pronicujočo vodo ter vzdolžno kanalizacijo. Odvodnjavanje viadukta je izvedeno z glavnim vzdolžnim vodom iz poliesterskih cevi proizvajalca HOBAS premera 200–400 mm. Izpust se priključi na oporniku P7 na kanalizacijo avtoceste.

#### **4.5.3 Dilatacije, ležišča**

Na oporniku P1 in P7 sta vgrajeni protihrupni dilataciji proizvajalca Mageba, ki omogočata skupni pomik 380 mm. Na jeklene elemente dilatacije so dodatno pritrjene plošče sinusne oblike za zmanjševanje hrupa, ki nastane kot posledica prehoda vozil preko dilatacije. Z dano izvedbo dilatacije se po podatkih proizvajalca jakost hrupa zmanjša za cca. 60–80%.

Na viaduktu so vgrajena ležišča proizvajalca Mageba. Skupaj je bilo vgrajenih 28 ležišč. Na podporah 1, 6, 7 so vgrajena enosmerno pomična ločna ležišča, na podporah 2, 3, 4, 5 pa nepomična ločna ležišča.

#### **4.5.4 Jeklene ograje**

Vgrajene so tipske jeklene ograje, zaščitene z vročim cinkanjem debeline 100  $\mu\text{m}$ . Betonska varovalna ograja je nadvišana z jekleno cevno ograjo višine 50 cm.

### **4.6 Terminski plan izvedbe del**

Rok izvedbe del je ostal enak ponudbenemu, to je 22 mesecev. Začetek izvedbe del smo pogojevali s pridobitvijo gradbenega dovoljenja. V terminskem planu je upoštevana zimska

prekinitev v mesecu januarju 2007 ter dvomesečna prekinitev v mesecu januarju ter februarju 2008. V skladu s podpisano pogodbo je 22-mesečni rok pričel s podpisom pogodbe dne 18. 04. 2006, kar je pogojevalo končanje del do 18. 02. 2008.

#### 4.6.1 Primerjava terminskega plana ter dejanske izvedbe del

V prilogi C je podana primerjava predhodno predanega terminskega plana ter dejanske izvedbe del. Razvidno je, da so že v fazi temeljenja objekta nastale velike zamude, ki so se nato odražale na podporni konstrukciji. Za zmanjšanje zamud je bilo treba organizirati delo ob sobotah in večinoma tudi ob nedeljah in praznikih, kar se je odražalo v občutnem povečanju stroškov dela. Zamude smo nadoknadili šele pri izvedbi desnega dela prekladne konstrukcije, ko smo začeli prehitevati terminski plan ter urnik prilagodili razmeram na objektu. Dela na objektu so bila končana do 30. 06. 2008. Datum končanja del sicer presega rok izvedbe po aneksu št. 1, vendar je bila zaradi nedokončanja del na trasi avtoceste prekoračitev brezpredmetna.

#### 4.7 Predvidene količine bistvenih materialov

V skladu s PZI projektom je bilo treba vgraditi naslednje količine materialov, ki so bistvenega pomena pri gradnji:

- opaž: 40.930 m<sup>2</sup>
- beton: 16.860 m<sup>3</sup>
- betonsko jeklo: 2.850 t
- kabli za prednapenjanje: 283,00 t

#### 4.8 Nova vrednost objekta

Preglednica 4: Predračunska rekapitulacija stroškov – nova varianta viadukta

<b>1. Preddela</b>	<b>137.666,71 EUR</b>
<b>2. Viadukt Dobruša – desni objekt</b>	<b>3.852.634,10 EUR</b>

Temeljenje	609.346,23 EUR
Zgornja konstrukcija	3.243.287,87 EUR
<b>3. Viadukt Dobruša – levi objekt</b>	<b>3.697.576,35 EUR</b>
3.1 Temeljenje	533.368,92 EUR
3.2 Zgornja konstrukcija	3.164.207,43 EUR
<b>4. Podvoz na deviaciji 1 – 12</b>	<b>396.962,42 EUR</b>
4.1 Temeljenje	152.280,91 EUR
4.2 Zgornja konstrukcija	244.681,51 EUR
<b>5. Podvoz na deviaciji 1 - 14</b>	<b>432.586,57 EUR</b>
5.1 Temeljenje	196.318,60 EUR
5.2. Zgornja konstrukcija	236.267,97 EUR
<b>6. Preizkusi, nadzor in tehnična dokumentacija</b>	<b>338.325,82 EUR</b>
<b>7. Dodatno naročena dela po reviziji projekta</b>	<b>478.228,02 EUR</b>
<b>SKUPAJ VIADUKT DOBRUŠA:</b>	<b>9.333.979,99 EUR</b>

Potrjena nova vrednost viadukta je ostala enaka pogojeni neto vrednosti 8.887.734,50 EUR.

#### **4.9 Tehnologija gradnje objekta**

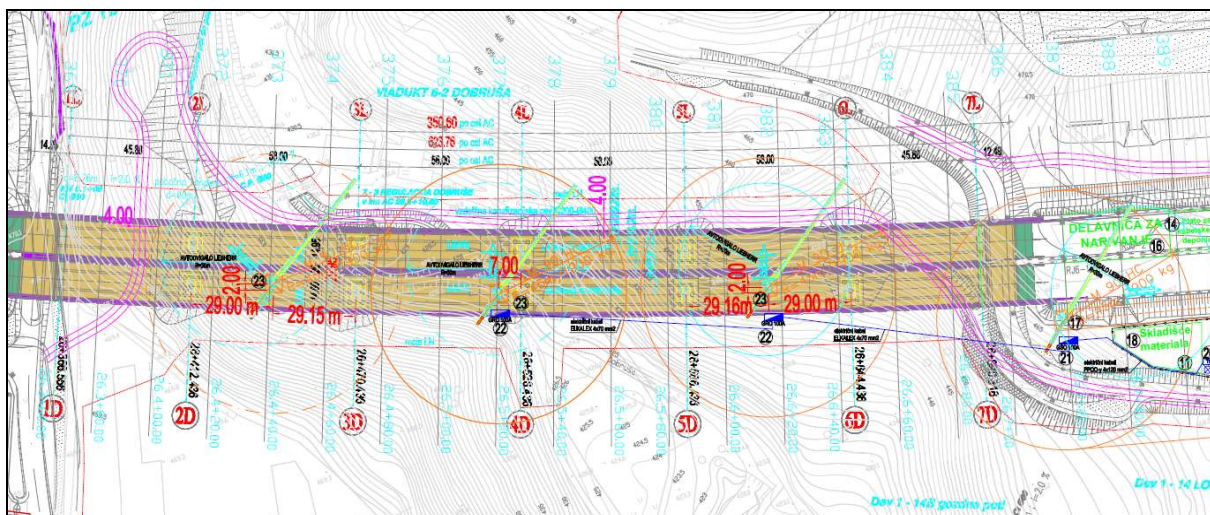
##### **4.9.1 Organizacija gradbišča ter pripravljalna dela**

###### **4.9.1.1 Izvedba dostopnih poti**

V skladu s tehnološko ekonomskim elaboratom je bila predvidena izvedba dostopnih poti med opornikom 1 in opornikom 7. Dostopna pot, ki je služila tudi celotnemu transportu viškov materiala na trasi AC Vrba–Peračica, je potekala po zelo neugodnem ter strmem pobočju globeli potoka Dobruše. Na trasi dostopne poti smo prišli med podporo 1 in 2 levo do prvega



problema, ki bi lahko bistveno vplival na potek gradnje. Krivina na dostopni poti med podporo 1 in 2 desno je bila nujna zaradi velikega vzdolžnega naklona ceste, območje izvedbe krivine pa je segalo preko meje odkupa zemljišča. Za ugoden razplet problema se moramo zahvaliti lastniku zemljišča, ki je privolil v poseg v svojo parcelo v zameno za odškodnino. V večini podobnih primerov lastniki zemljišč pogojujejo za poseg v svoje zemljišče odkup s strani investitorja ter tako ovirajo oziroma celo blokirajo gradnjo.



Slika 16: Shema postavitve žerjavov ter izvedba dostopnih poti

#### 4.9.1.2 Mehanizacija na gradbišču

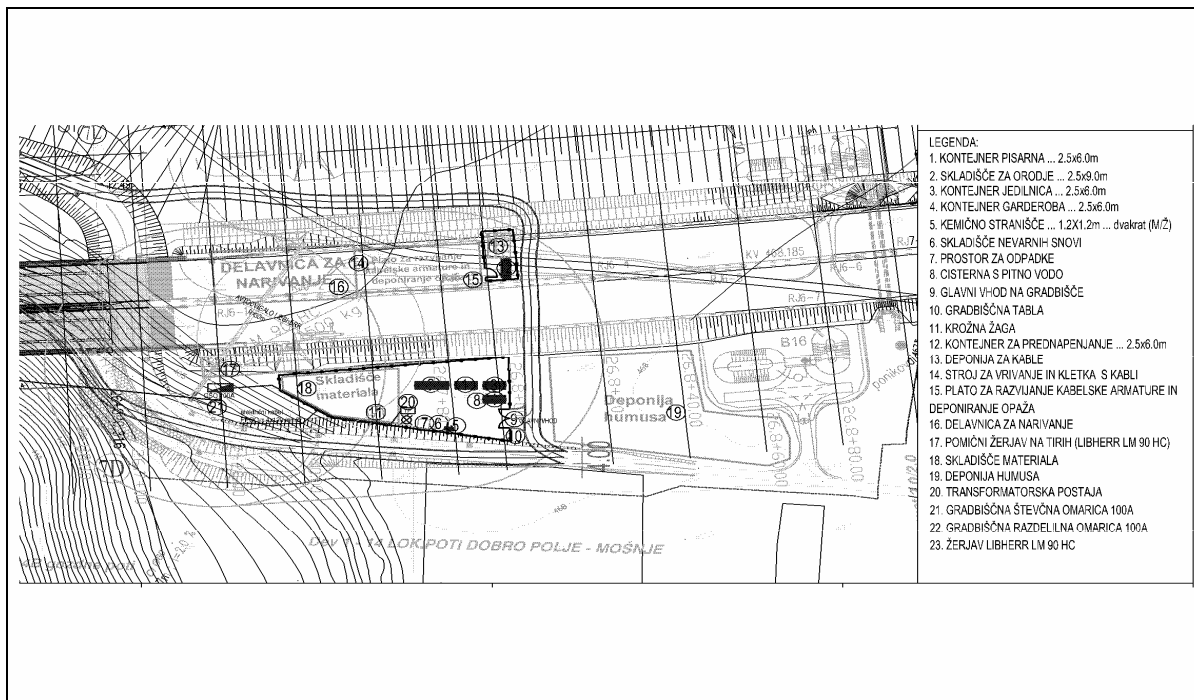
Za potrebe zemeljskih del se je uporabilo ustrezno nizkogradbeno dokumentacijo. Za potrebe manjših tesarskih del bodo na gradbišču obdelovalni ter drugi stroji.

Za horizontalni ter vertikalni transport na gradbišču so se uporabili žerjavi. Postavili so se trije žerjavi nosilnosti 1550 kg na ročici 45 m. En žerjav je bil postavljen na žerjavni progi dolžine 65 m na območju delavnice na ljubljanski strani viadukta. Drugi žerjav je bil postavljen med podporama 5 in 6. Po končanju del na podporah 5 in 6 smo ga prestavili na območje med podporama 2 in 3. Tretji žerjav je bil postavljen na območje podpore 4. Naknadno smo uporabili četrti manjši žerjav na območju opornika 1 na jeseniški strani.

#### 4.9.1.3 Ureditev gradbišča na območju delavnice za narivanje konstrukcije

V podaljškju opornika 7 je bil predviden prostor za izvedbo delavnice za narivanje. Na tem območju je bil izveden obvoz lokalne ceste mimo delavnice. Ob delavnici so bili postavljeni pisarniški prostori, jedilnica, garderoba, sanitarije (glej situacijo Slika 17). Prav tako je bil ob delavnici prostor za skladišče v kontejnerjih ter skladišče opažnega materiala, armature ter

drugega raznega materiala. Dobra lastnost tehnologije narivanja je v tem, da se vse večje aktivnosti na gradbišču odvijajo na enem mestu, kar predstavlja z vidika organizacije gradbišča manjši strošek. Območje skladišča je bilo ograjeno z ustrezno gradbiščno ograjo višine dveh metrov in označeno z ustrezno gradbiščno signalizacijo.



Slika 17: Shema organizacije gradbišča na območju delavnice za narivanje

## 4.9.2 Izvedba temeljenja

### 4.9.2.1 Izvedba izkopov za delovne platoje

Izkopi za delovne platoje za izvedbo temeljenja vmesnih podpor so se izvajali na zelo neugodnem terenu. Sami dostopi so bili zaradi izredno strmega terena v globeli potoka Dobruše izredno otežkočeni. Hkratno z izvedbo izkopov je bila potrebna zaščita brežin z brizganim betonom v debelini do 30 cm ter izvedba pasivnih sider. Večina izkopov je potekala v meljasto peščenih prodih.



Slika 18: Izvedba torkretnega obrizga na podpori 6D



Slika 19: Vrtanje pasivnih sider

#### 4.9.2.2 Izvedba pilotov

Izvedba pilotov je metoda globokega temeljenja, ki se izvaja v primerih, ko tla v plitvejši coni nimajo zadostne nosilnosti. S pomočjo pilotov se izvaja prenos obtežbe na nosilna tla na večjih globinah.

Na viaduktu Dobruša je izkop pilotov potekal po tehnologiji BENOTTO z enovravnimi grabilniki ob zavarovanju vrtine s potiskanjem posebnih jeklenih cevi z oscilnim primežem – lavirko. Projekt je obsegal izvedbo 34 pilotov premera 150 cm. Ker smo imeli svoje kapacitete za izvedbo pilotiranja zasedene, smo bili primorani angažirati podizvajalca.

Pred izvedbo pilotiranja smo morali izvesti izkope in na določenih mestih nasipe za pripravo platojev za pilotiranje. Platoji so bili izvedeni največkrat na koti višine vrha pilota. V primerih ko teren tega ni dopuščal, smo platoje izvedli tudi do 2 m višje od kote pilota. V teh primerih je podizvajalec zahteval posebno doplačilo za tako imenovano jalovo vrtanje. Delovni plato mora biti primerno komprimiran za delovanje delovnih strojev z osno obremenitvijo 70 MPa. Širina delovnega platoja mora biti najmanj tri metre od zunanje osi pilota. Omogočati mora dostop avtodvigala, betonske črpalke in avtomešalcev do lokacije pilotov.

Po izvedbi delovnega platoja mora geodetska služba označiti točne mikrolokacije pilota. V rojstni list pilota je treba vpisati višino delavnega platoja ter višino betoniranja pilota.

Vrtanje pilota se je izvajalo z enovravnim grabilnikom ustreznega premera. Bager se je pred začetkom vrtanja postavil na mikrolokacijo pilota. Na točno lokacijo je postavil zaščitno cev, ki je na dnu nazobčana. Zaščitno cev se v vertikalni položaj postavi s pomočjo zidarskih grezil ter se jo kontrolira s pomočjo vodne tehtnice dolžine 150 cm. Sočasno z napredovanjem vrtanja se vrši zacevitev pilota z obložnimi cevmi. Spremlja se tudi geološka sestava tal, ki se evidentira v rojstni list pilota. Ko zaradi kompaktne podlage izkop z grabilnikom ni več mogoč, je treba uporabiti sekač. Prehod v kompaktno podlago je treba ustrezno dokumentirati v rojstni list pilota. Nadzorni inženir v sodelovanju s strokovno organizacijo presodi, ali se pilot izvaja do projektirane globine, ali se ga podaljša ali pa celo skrajša. Na viaduktu Dobruša so se vsi piloti izvedli do projektirane globine. Kljub predlogom izvajalcev pilotiranja po skrajšanju pilotov na podporah 4 in 5, ki so bili izkopani skoraj v celotni dolžini v kompaktni sivici, se predstavniki geomehanskega nadzora niso odločili za skrajšanje le-teh. Izvajalec pilotiranja je imel tudi težave na podpori 3L, kjer so se zagostile cevi ter ostale zabetonirane skupaj z pilotom.

Zaradi zgoraj naštetih razlogov so v primerjavi s terminskim planom objekta na pilotiranju nastale velike zamude. Podizvajalec bi moral v skladu z veljavnim terminskim planom dela končati 15. 02. 2007, zaključil pa jih je 09. 05. 2007. Zaradi nastalih zamud smo bili primorani do podizvajalca uveljavljati pogodbeno kazen.



Slika 20: Izkop pilota na podpori 6D

Vežanje armaturnih košev je potekalo na posebnem platoju. Armaturni koš je sestavljen iz notranjih nosilnih obročev, na katere so privarjene štiri vertikalne jeklene gladke armaturne palice. Ostale vertikalne palice so privezane ali privarjene na okrogel skelet. Spiralna armatura mora biti pravilno navita in pritrjena na vertikalne armaturne palice. Tako pripravljen armaturni koš vgradimo skozi zaščitno obložno cev. Zunanji premer armaturnega koša ne sme biti večji od 132 cm. V nasprotnem primeru obstaja možnost, da med betoniranjem debelejšje frakcije zaklinijo armaturni koš ob zaščitno obložno cev. Ob izvleku obložne cevi tako izvlečemo tudi armaturni koš iz pilota.

Betoniranje pilota se izvede takoj po vstavitvi armaturnega koša in vstavitvi kontraktorske cevi, ki mora segati do dna pilota. Na dno kontraktorske cevi namestimo čep iz penaste gume ali namočene prazne cementne vreče. Čep se mora tesno prilegati kontraktorski cevi, da ne pride do mešanja betona z vodo. Betoniranje se je praviloma vršilo z direktnim praznjenjem v lijak kontraktorja. Če dostop na delovni plato tega ni omogočal, smo morali zagotoviti avtočrpalko. Razcepitev in dvigovanje obložne cevi je potekalo tako, da je bil spodnji rob

obložne cevi in kontraktorja minimalno dva metra pod koto vrha betona. Med betoniranjem mora biti kontraktorska cev vedno v betonu. Zagotovili smo zadostno število avtomešalcev, da so betonaže potekale brez prekinitev. Betoniranje pilota se je izvajalo cca. 0,50 m nad projektirano koto pilota, da se je po končani vgradnji odbil nekvaliteten beton, ki vsebuje navrtane delce in nečistoče.

Kvaliteta vgrajenega betona je ustrezala zahtevam projekta betona, ki ga je pripravil izvajalec, in sicer se je za pilote uporabljal beton C30/35. Beton je bil proizveden na betonarni Polica, oddaljeni 18 km od gradbišča. Za kontrolo kvalitete je na gradbišču skrbela ekipa terenskega laboratorija za kontrolo kakovosti.



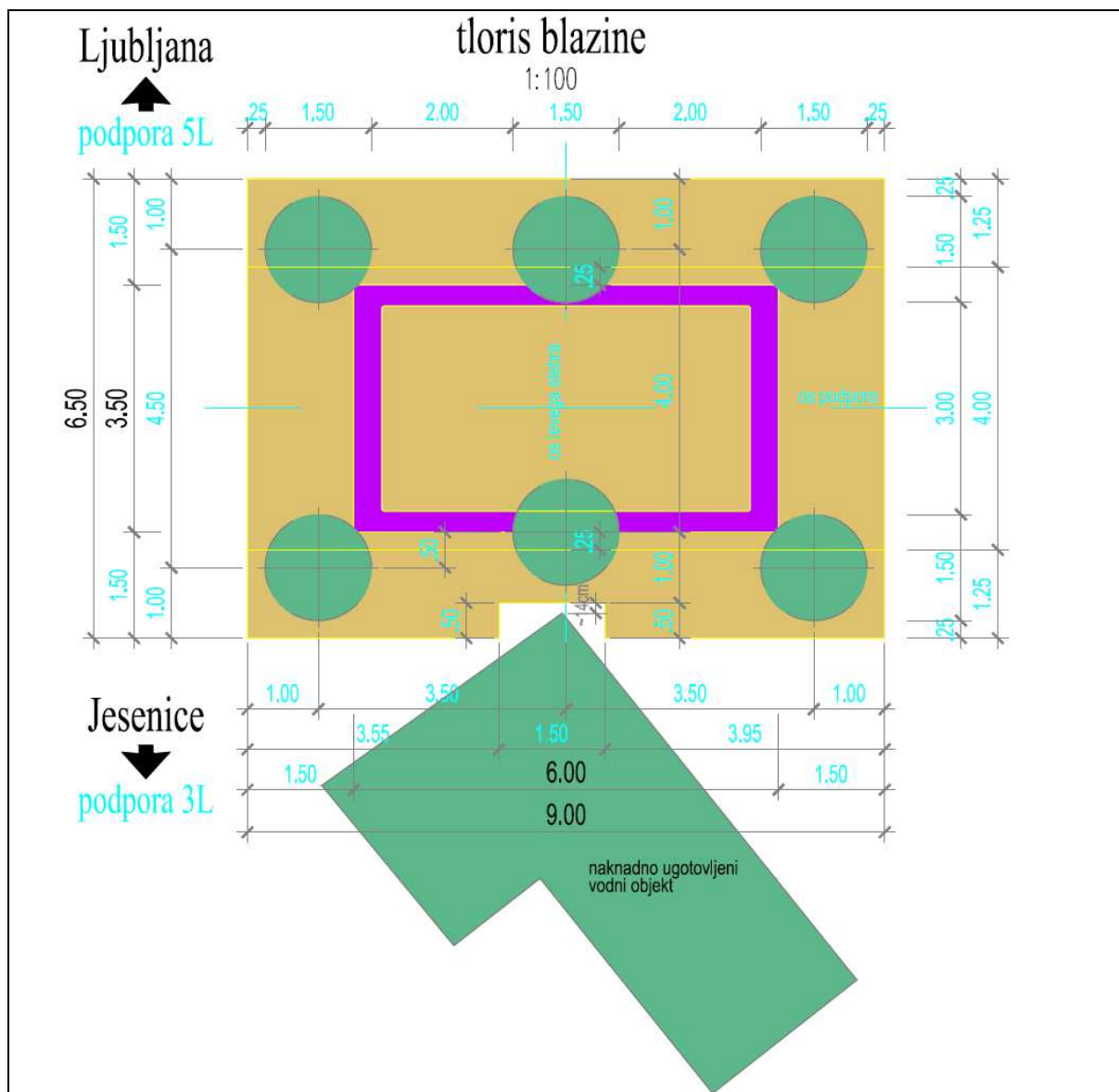
Slika 21: Betoniranje pilota z betonsko avtočrpalko na podpori 6D

Po izvedbi betoniranja pilota se je s pomočjo pnevmatskih kladiv odbilo nekvalitetni del pilota, ki je bil višje zabetoniran. Po odbitju glav pilotov sledi poravnanje vertikalnih armaturnih palic, ki so po končanju del največkrat skrivljene. Pred izvedbo temeljnih blazin je bilo treba izvesti meritve zveznosti pilotov, ki jih opravljajo pooblašene institucije. Po izvedbi pilota vnesemo vse podatke o geologiji, količini vgrajenega betona, času in poteku izvedbe v tako imenovane rojstne liste pilotov.



Slika 22: Piloti na podpori 5D po odbitju nekvalitetnega betona – glave pilota

Po zakoličbi podpore 4L se je pojavil problem, ki bi lahko vplival na rok izgradnje. Območje podpore 4L je poseglo v vodno zajetje manjše hidroelektrarne, ki ni bila vrisana v zbirno karto komunalnih vodov. Ker je pobuda za preprojektiranje prišla z naše strani, smo bili odgovorni za nastale stroške, ki bi nastali iz tega naslova. K sreči je projektantska rešitev vsebovala manjše spremembe na lokaciji enega izmed pilotov na podpori 4L ter spremembo oblike temeljne blazine podpore.



Slika 23: Sprememba oblike temeljne blazine na podpori 4I

### 4.9.3 Spodnja konstrukcija

Spodnjo konstrukcijo sestavljata dva opornika in pet vmesnih podpor. Vmesne podpore so škatlastega prereza in imajo konstanten prerez 6,00 x 3,50 m. Debelina sten znaša 40 cm za bočne stene ter 30 cm za čelne stene.

#### 4.9.3.1 Način izvedbe stebrov

Stebre smo izvajali s plezajočim opažem. Opaž je bil izdelan za fazo 4,0 m. Elementi opaža so visoki 4,10 m in dimenzionirani na pritisk betona 60 KN/ m<sup>2</sup>. Opaž je sestavljen iz tipskih



doka elementov, ki so med seboj povezani s tipskimi sponami. Ker se prerez stebra z višino ne spreminja, je opaž stebra za vsako kampado enak.

Za opažno oblogo je bila uporabljena vodoodporna vezana plošča debeline 21 mm. Opažni elementi so bili sestavljeni v tesarskem obratu Primorja v Ajdovščini, od koder so bili pripeljani na gradbišče ter dokončno sestavljeni skupaj.

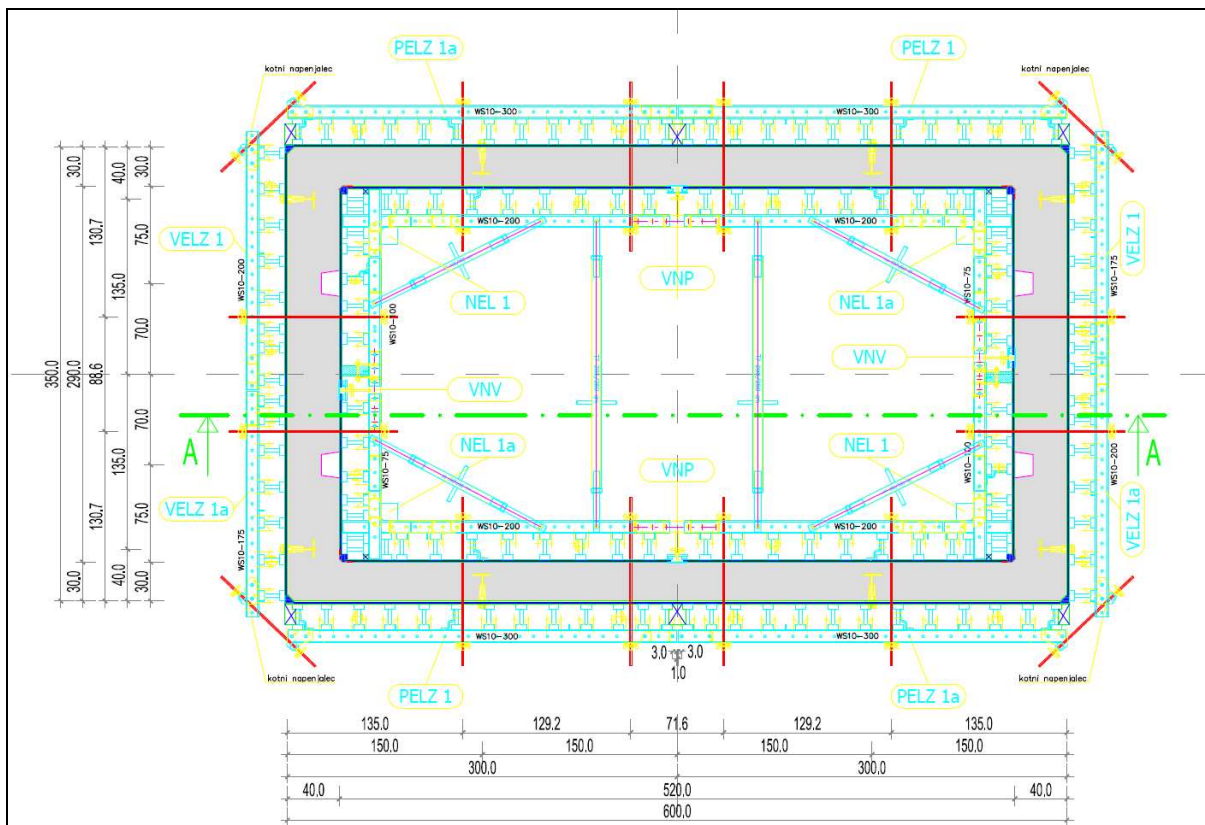


Slika 24: Sestavljen opaž prve kampade stebra

Lesene nosilce H20 se z nahrapljenimi žičniki pritrdi na vezano ploščo. Na kovinske vezne profile se s tipskimi sponami pritrdi lesene nosilce. Elementi so bili opremljeni z vešali, ki so bila pritrjena s po štirimi vijaki. Na vrhu in na dnu opažnega elementa pritrdimo dva ploha, ki služita razpiranju ter zaščiti opaža pri betoniranju.

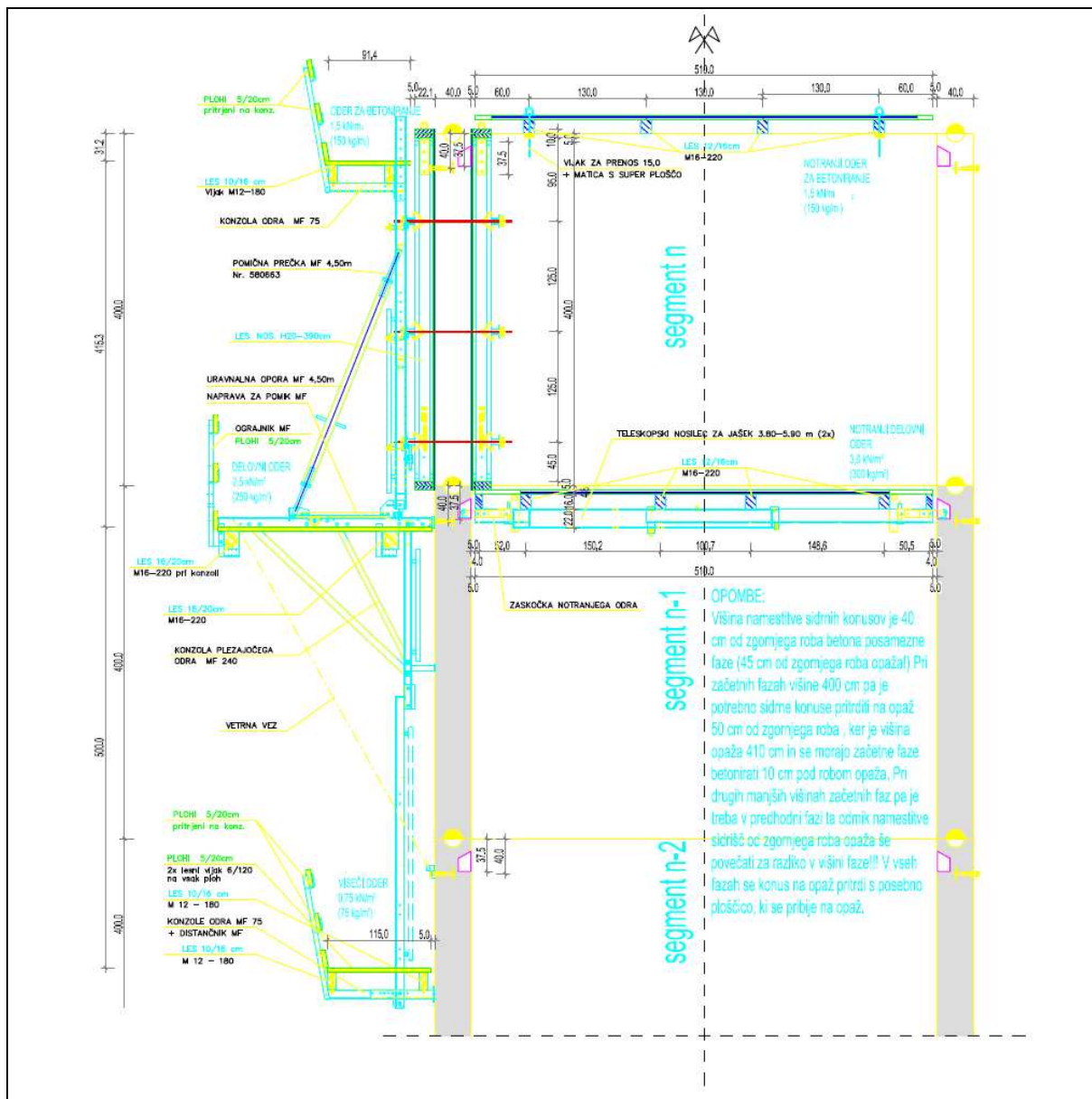
Zunanji opaž čelne stene je sestavljen iz dveh elementov širine 6,00 m, opaž bočne stene pa iz dveh elementov širine 1,75 m.

Notranji opaž je izveden z pomočjo štirih elementov »L«, ki se na sredini s pomočjo diferenčne pločevine stikajo na sredini sten stebra. Za medsebojno povezavo elementov uporabimo vezne spono.



Slika 25: Opaž stebra – tloris

Na nosilne konzole je pritrjeno pomično nosilno ogrodje za namestitev stenskega opaža. Pritrditev stenskega opaža se izvede s posebnimi sponami, katere namestimo na vse horizontalne vezne profile. Pomično ogrodje ima v spodnjem delu zobato letev, s pomočjo katere lahko v spodnjem delu odmaknemo opaž od stene za največ 75 cm. Pomik opaža nam omogoča vezanje armature ter po betonaži čiščenje opaža. Konzole plezajočega opaža so pritrjene na armiranobetonski steber s pomočjo posebnih konusov in visoko vrednih vijakov B7 M30. Sidrni konus pritrdimo na zunanji opaž s posebno pritrdilno ploščico. Po odstranitvi opaža se ploščice odvijajo in v sidrni konus se privije visokovredni vijak M 30 z rdeče obarvano glavo. Na tako pripravljena mesta se s pomočjo žerjava prestavi celoten opaž skupaj z odri.



Slika 26: Prerez plezajočega opaža

Delovno lovilni oder je pritrjen na konzole plezajočega opaža. Nosilni del odra sestavljata dva vzdolžna tramova, ki sta na konzole pritrjena z vijaki M 16. Delovni pod je izdelan iz plohov debeline 5 cm ter minimalne širine 20 cm. Nosilne konzole so na zunanji strani opremljene z vertikalami za izvedbo varovalne ograje višine 100 cm. Ograja je izdelana iz plohov 5/20 cm, ki so na vertikale pritrjeni z žičniki.

Oder za betoniranje se pritrdi na konstrukcijo plezajočega opaža s konzolami, ki so pritrjene na vertikale pomičnega ogrodja. Na konzole se privijačijo leseni tramiči, ki predstavljajo nosilni del za pod iz plohov debeline 5 cm. Varnostna ograja je izvedena enako kot pri delovnem odru.

Notranji delovni oder zapolni celotni notranji tlorisni del stebra. Potrebujemo ga za nameščanje notranjega opaža ter vezanje armature stebra. Nosilno konstrukcijo notranjega delovnega odra predstavljata dva horizontalna jeklena profila, ki imata na konceh zaskočke. Zaskočke omogočajo enostavno nameščanje odra v predhodno puščene vdolbine v betonu. Na jeklene nosilce so pritrjeni prečni tramiči ter plohi.

Notranji oder za betoniranje izvedemo tako, da na vrh notranjega opaža namestimo plato iz tramičev in plohov.

Viseči oder je pritrjen pod delovnim odrom s posebnimi visečimi konzolami, ki so vnesene na nosilne konzole delovnega odra. Viseči oder se uporablja za morebitne sanacije betona ter za nameščanje vetrnih vezi.

#### **4.9.3.2 Izvedba opornikov**

Zaradi smeri narivanja se najprej izvede opornik 7. Zaradi razgibane oblike temeljne blazine opornika, se ta izvaja v petih fazah. Po končanju narivanja zgornje konstrukcije se izvedejo še stene opornika. Za opaževanje opornikov je bil uporabljen tipski opažni sistem doka Frami.

#### **4.9.4 Zgornja konstrukcija**

Zgornja konstrukcija se je gradila po tehnologiji narivanja iz smeri Ljubljana–Jesenice. Najprej se je narivalo levi objekt v naklonu 0,6516 %, nato pa še desni objekt v naklonu 0,6484 %. Oba objekta sta izvedena v enajstih taktih narivanja. Prvi takt levega objekta je dolg 32,66 m, nato sledi devet taktov dolžine 28,92 m, zadnji najdaljši takt levega objekta pa znaša 32,70 m. Prvi takt desnega objekta je dolg 32,89 m, sledi mu devet taktov dolžine 29,07 m ter zadnji takt desnega objekta dolžine 32,86 m.

##### **4.9.4.1 Izvedba delavnice za narivanje**

Lokacija delavnice je bila na ljubljanski strani viadukta pred opornikom 7. Delavnica je sestavljena iz betonskega temelja, opaža prekladne konstrukcije ter sistema za dviganje in spuščanje delavnice. Sistem je sestavljen iz hidravličnih cilindrov ter nosilcev HEB različnih dimenzij.



Slika 27: Delavnica za narivanje zgornje konstrukcije, betoniranje prvega takta levega objekta

Temeljna brana delavnice je dolga 39,95 m ter široka 7,42 m. Stene temeljev delavnice so široke 0,76 m ter visoke 1,70 m. Na vrhu temelja je na jeklen kotnik privarjena jeklena drsna plošča debeline 20 mm. Jekleni kotniki morajo biti pritrjeni na opaž z zelo veliko natančnostjo, z največjim odstopanjem 1 mm. Na obeh straneh delavnice poteka vzdolžno tudi pasovni temelj, ki je namenjen dodatnemu podpiranju prečnih jeklenih nosilcev.

Na temelj delavnice se na zunanji strani vzdolž sten postavijo v predpisanem rastru hidravlični bati nasilnosti 75 ton. Na hidravlične bate so bili postavljeni jekleni nosilci HEB 600, ki so vzdolžno stikovani z vezno pločevino. Prečno na nosilce HEB 600 so pritrjeni nosilci HEB 300. Tako sestavljena konstrukcija iz jeklenih nosilcev in hidravličnih batov je služila za spuščanje in dvigovanje opaža delavnice.

Opaž delavnice je sestavljen iz zunanjega pomičnega opaža ter notranjega tunelskega opaža. Dolžina opaža je znašala 36 m in je bila lomljena na vsakih pet metrov, tako da se je čim bolj prilegala radiju objekta.

Zunanji opaž je sestavljen iz tipskih doka opažnih elementov. Opažna vezana plošča debeline 21 mm je pribita na lesene doka nosilce H20, ki so pritrjeni na prečne kovinske nosilce. Zunanji opaž je oprt na horizontalne jeklene nosilce s tipskimi podporami. S pomočjo manjših hidravličnih cilindrov se zunanji opaž delavnice tudi bočno premakne od betonske površine. Samo z vertikalnim spustom opaža se ne izvede zadosten odmik opaža od betonske površine, zato bi pri narivanju konstrukcije prišlo do poškodb opaža.

Notranji opaž ostane med narivanjem sproščen v notranjosti škatlastega preseka. Po zabetoniranju plošče ter sten naslednjega takta se notranji opaž s pomočjo vitla potegne iz notranjosti prejšnjega takta. Premik opaža omogoča poseben voziček, na katerega je pritrjen opaž zgornje plošče.

#### **4.9.4.2 Hidravlična oprema za narivanje**

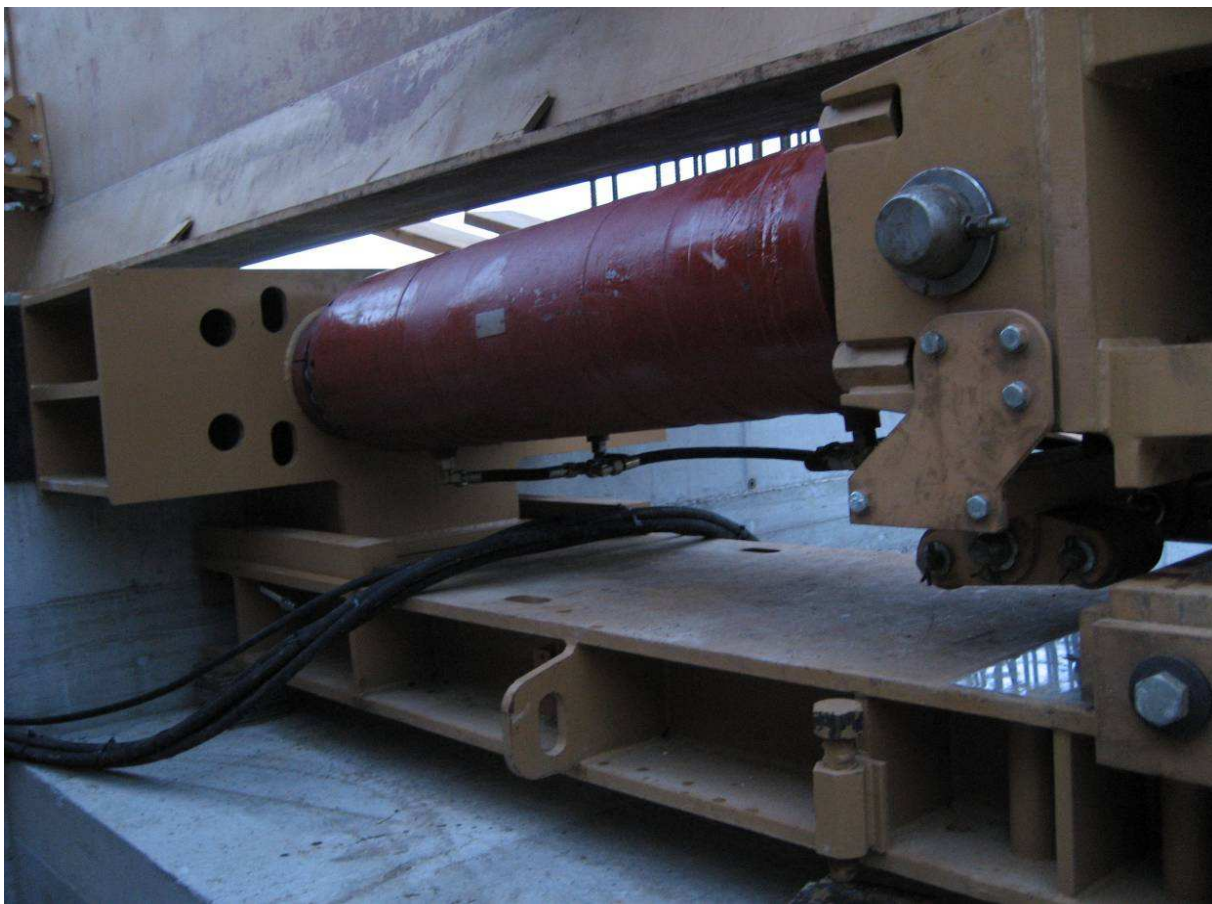
Oprema, s pomočjo katere se je izvajalo narivanje, je bila nameščena na oporniku 7 in je imela naslednjo kapaciteto:

- dvig z dvema dvižnima cilindroma  $2 \times 10,5 = 21$  MN (2100 t),
- potisk s štirimi potisnimi cilindri  $4 \times 3,0 = 12,0$  MN (1200 t).

Potiskanje betonske konstrukcije je sestavljeno iz:

- dviga prekladne konstrukcije z dvižnima cilindroma za 5 mm,
- potiska prekladne konstrukcije za 250 mm,
- spusta dvižnega cilindra,
- prazenega povratnega horizontalnega hoda cilindrov v osnovni položaj.

Tako je sledilo ponavljanje zgoraj navedene operacije za celotno dolžino segmenta.



Slika 28: Hidravlična oprema za narivanje konstrukcije – potisni cilindri

#### 4.9.4.3 Jeklena konzolna konstrukcija »kljun za narivanje«

Dva polnostenska jeklena nosilca, ki sta bila v tem primeru osno narazen 4,80 m in sta medsebojno povezana v prostorsko konstrukcijo, kratko imenovano kljun. Kljun je namenjen zmanjševanju obremenitev v prekladni konstrukciji med fazo narivanja.

Potrebna dolžina kljuna je bila 39,5 m. Ker v sklopu skupine Primorje takšne opreme nismo imeli, smo jo morali najeti iz tujine.

Pritrditev kljuna na prekladno konstrukcijo v spodnji coni se je izvedlo s prednapetjem 2 x 16 = 32 kosov palic DYWIDAG premera D36 mm. V zgornji coni se izvede sidranje s pomočjo jeklenih elementov dolžine 3,48 m in višine 1,70 m. Sidranje posamičnega jeklenega elementa se izvede s prednapetjem 22 kosov palic DYWIDAG premera 36 mm.



Slika 29: Kljun za narivanje

#### 4.9.4.4 Drsna ležišča na stebrih

Pred narivanjem konstrukcije je treba na stebre namestiti začasna drsna ležišča. Začasna ležišča omogočajo zdrs konstrukcije z majhnim trenjem preko stebrov viadukta. Na vrhu stebrov se zabetonirajo začasni ležiščni bloki AB, na katere nalega jeklena plošča dimenzij 1200 x 600 mm debeline 40 mm. Fina nastavitve plošče v naklonu prekladne konstrukcije se izvede z mikroarmirano epoksidno malto. Višina začasnih ležišč mora omogočati še vstavev drsnih plošč.

Drsne plošče so narejene iz armiranega elastomera s teflonsko površino na eni strani. V fazi narivanja jih delavec na vsakem začasnem ležišču potiska med spodnji rob betonske konstrukcije ter med začasno ležišče, ki je oblečeno v gladko nerjavečo pločevino. Na vsakem stebri sta po dva delavca, ki sta imela mobilno povezavo za sporočanje v primeru napak.

#### 4.9.4.5 Bočna vodila

Bočna vodila so jekleni nosilci z glavo, obloženo z drsno pločevino. Prilagojena so obliki škatlastega prereza. Bočna vodila so namenjena usmerjanju gibanja konstrukcije v prečni smeri v fazi narivanja konstrukcije. Vodila usmerjajo objekt v radij ter preprečujejo prečne



pomike konstrukcije zaradi toleranc izvedbe ali zunanjih sil. Bočna vodila so bila nameščena na oporniku 7 ter na vseh stebrih.

#### 4.9.4.6 Izvedba prednapenjanja objekta

Prednapenjanje sovprežnih centričnih kablov se je izvajalo v skladu z elaboratom prednapenjanja kablov. Uporabili so se kabli sistema FREYSSINET.

V 1. taktu se prednapne 12 kablov preseka  $19 \times 150 \text{ mm}^2$ .

V 2. taktu se prednapne 10 kablov preseka  $19 \times 150 \text{ mm}^2$  ter 4 kable preseka  $13 \times 150 \text{ mm}^2$ .

V 3. taktu se prednapne 12 kablov preseka  $19 \times 150 \text{ mm}^2$ .

V 4. taktu se prednapne 8 kablov preseka  $19 \times 150 \text{ mm}^2$ .

V 5., 7. in 9. taktu se prednapne 6 kablov preseka  $19 \times 150 \text{ mm}^2$  ter 2 kabla preseka  $13 \times 150 \text{ mm}^2$ .

V 6., 8. in 10. taktu se prednapne 6 kablov preseka  $19 \times 150 \text{ mm}^2$  ter 2 kabla preseka  $13 \times 150 \text{ mm}^2$ .

V 11. taktu se prednapne 12 kablov preseka  $19 \times 150 \text{ mm}^2$  ter 2 kabla preseka  $13 \times 150 \text{ mm}^2$ .

Prednapenjanje kablov se je vršilo enostransko. 19-vrvni kabli so napeti s silo 3700 KN, 13-  
vrvni kabli pa z silo 2500 KN.

Po končanem narivanju konstrukcije ter zamenjavi začasnih ležišč v fazi narivanja z končnimi ležišči se izvede prednapenjanje kontinuirnih kablov. Kontinuirni kabli so 15-  
vrvni preseka  $150 \text{ mm}^2$  in potekajo po dva kabla v vsaki stojini. Prednapenjanje kontinuirnih kablov poteka v naslednjem vrstnem redu:

- prednapenjanje kablov od podpore 1 do vmesne podpore 4,
- prednapenjanje kablov od podpore 4 do podpore 7,

V kabske cevi kontinuirnih kablov je treba pred izvedbo betoniranja vstaviti plastične cevi.

Injektiranje kablov se izvede po napenjanju kablov. Potekati mora neprekinjeno v naslednjih fazah:

- jeklene zaščitne cevi je treba izpihati ali po potrebi izprati z vodo,
- zaostalo vodo je treba izpihati z zrakom,
- injektira se z najnižje točke, in sicer tako dolgo, da na oddušnih cevkah začne iztekati injekcijska malta neoporečne kakovosti,
- po začetitvi oddušnih cevk se poveča tlak v injekcijski masi.

Pred izvedbo injektiranja je treba izvesti meritve temperature betona prekladne konstrukcije, ki mora biti večja od +5 °C in ne sme presegati temperature +25 °C. V primeru odstopanj od omejitev temperature je treba izvesti posebne ukrepe – gretje ali hlajenje betonske konstrukcije.

#### 4.9.4.7 Izdelava tipičnega takta

Izvedba takta zgornje konstrukcije poteka v značilnem tedenskem taktu v naslednjih delovnih fazah:

Dan v tednu	Dejavnost
1. ponedeljek	Kontrola trdnosti betona s preizkusnimi kockami, napenjanje kablov, sprostitev opaža, narivanje prekladne konstrukcije, čiščenje ter priprava opaža spodnje plošče in zunanjšega opaža, injektiranje napetih kablov.
2. torek	Polaganje armature spodnje plošče in armature stojin, polaganje kablov in izdelava spojk v spodnji plošči.
3. sredo	Nadaljevanje polaganja armature stojin, postavitve notranjega opaža stojin, betoniranje spodnje plošče in stojin.
4. četrtek	Odstranitev notranjega opaža stojin ter postavitve notranjega opaža zgornje plošče, polaganje armature voziščne plošče, polaganje kablov in izdelava spojk v voziščni plošči.
5. petek	Dokončevanje polaganja armature ter vgrajevanja kablov, vgrajevanje

	izlivnikov ter cevk za pronicujočo vodo, betoniranje voziščne plošče.
6. sobota	Nega in staranje betona.
7. nedelja	Nega in staranje betona.

#### 4.9.4.8 Zamenjava začasnih ležišč

Po končanem narivanju celotne prekladne konstrukcije se pristopi k zamenjavi začasnih drsnih ležišč s končnimi. Konstrukcija se na vsaki podpori, na kateri se trenutno menjuje ležišče, podpre z osmimi hidravličnimi cilindri ustrezne nosilnosti. Po dvigu konstrukcije se odstranijočasni ležiščni bloki in na njihovo mesto se vgradijo končna ležišča.

#### 4.9.5 Izvedba krova objekta (hidroizolacije, robni venci, ograje, odvodnjavanje, dilatacije)

Po končanju izvedbe zgornje konstrukcije ter prednapetju kontinuirnih kablov se začnejo dela na tako imenovanem krovu objekta.

Najprej se izvede pas hidroizolacije zgornje plošče pod hodniki objekta. Na hidroizolacijo se na zunanjih straneh objekta vgradijo betonske varovalne ograje, ki služijo na eni strani tudi kot opaž za izvedbo robnih vencev. Na notranjem robu se na hidroizolacijo vgradijo granitni robniki.

Pred izvedbo hidroizolacijskih del se je izvedla montaža odvodnjavanja na desni polovici objekta. Odvodnjavanje se je izvajalo s posebnim vozičkom, ki je omogočil monterjem dostop do mesta vgradnje kanalizacijskih cevi pod ploščo objekta.

Opaž zunanjih robnih vencev se je izvajal s tipskimi konzolami, ki se pričvrstijo na sidra v spodnji plošči viadukta. Na konzole se pritrdi opaž robnega venca ter zaščitna ograja. Na notranji strani se opaž robnih vencev izvaja z vozičkom, s pomočjo katerega pomikamo opaž čez viadukt.

Vzporedno s končanjem robnih vencev je potekala vgradnja dilatacij na opornikih 1 in 7. Po vgradnji dilatacije se izvedejo še zadnji odseki robnih vencev pred in za dilatacijo.

Po vgradnji dilatacij smo pričeli z izvedbo hidroizolacijskih del na celotnem vozišču. Hidroizolacija vozišča se je izvedla z dvojnimi epoksidnim premazom ter varjenimi bitumenskimi trakovi debeline 5 mm. Po prevzemu hidroizolacije s strani pooblaščenih institucij investitorja se izvedejo detajli pri vgradnji izlivnikov ter drenažnih trakov med cevkami pronicujoče vode.

Po asfaltiranju desne strani objekta smo pričeli z montažo jeklenih varovalnih ograj ter ograj za pešce, nato pa je sledilo še asfaltiranje leve polovice objekta.

Po končanih delih smo izvedli še sanacije napak, ki so bile ugotovljene na ničelnem pregledu objekta, ki ga je izvedla s strani investitorja pooblaščen institucija.

Na koncu se je izvedla še obremenilna konstrukcija objekta, ki je potrdila ustreznost objekta, ko je podvržen statičnim in dinamičnim obremenitvam.

#### **4.9.6 Odprava napak v garancijski dobi**

Viadukt Dobruša je bil spuščen v promet dne 22. 09. 2008. S tem dnem se je pričela tudi garancijska doba objekta, ki traja 10 let. Izvajalec je v skladu s pogodbo pridobil bančno garancijo v znesku 5 % pogodbenih del v trajanju do 22. 09. 2018.

Iz naslova odprave napak v garancijski dobi se je do vključno konca leta 2011 pojavila le ena napaka, in sicer poškodba na asfaltu ter hidroizolaciji objekta, na kar nas je opozoril upravljavec avtoceste. To smo sanirali v najkrajšem možnem času.



Slika 30: Poškodba asfalta na voznem pasu

Vzrok poškodbe je bilo izrivanje betonskega čepa skozi hidroizolacijo in asfaltne plasti. Po demontaži kljuna za narivanje konstrukcije so na območju pritrditve kljuna v betonu ostale prazne cevi, v katerih so bile palice DYWIDAG. Pred izvedbo hidroizolacije bi te cevi morale biti zapolnjene z betonom ustrezne granulacije. Delavec, ki je izvajal to delo, ga je opravil skrajno nestrokovno. Cev, v kateri je bila palica DYWIDAG je samo delno zapolnil z betonom na vrhnjem delu, v spodnjem delu cevi pa je bila voda. Ko je prišla v zimskem času temperatura pod ledišče in je voda spremenila agregatno stanje, je led potisnil betonski čep skozi hidroizolacijo in asfaltne plasti. Na obrabni plasti je tako nastala izboklina premera cca. 40 cm.

Za sanacijo je bilo treba pridobiti zaporo voznega pasu avtoceste. Sanirati je bilo treba hidroizolacijo in asfaltne plasti. Iz cevi, v kateri je bila palica DYWIDAG smo izčrpali vodo in jo v celoti zapolnili z betonom. Strošek sanacije je znašal cca. 5000 EUR.

## 5 PRIMERJAVA OBEH VARIANT

### 5.1 Stroškovna primerjava variant

Preglednica 5: Stroškovna primerjava variant izvedbe viadukta

	<b>Kalkulativni stroški viadukta Dobruše v fazi ponudbe</b>	<b>Dejanski stroški nove rešitve viadukta Dobruše</b>
<b>Prihodki</b>	<b>8.887.734 EUR</b>	<b>9.423.921 EUR</b>
Strošek dela	1.707.114 EUR	1.901.213 EUR
Stroški materiala	4.043.941 EUR	3.769.898 EUR
Strošek strojev	691.642 EUR	679.286 EUR
Strošek prevozov	567.142 EUR	550.077 EUR
Strošek kooperantov	1.930.630 EUR	2.443.286 EUR
Splošni stroški	1.042.532 EUR	767.363 EUR
<b>Skupaj odhodki:</b>	<b>9.983.001 EUR</b>	<b>10.111.123 EUR</b>
<b>Dobiček - izguba</b>	<b>-1.095.267 EUR</b>	<b>-687.202 EUR</b>

V fazi oddajanja ponudbe je bila planirana neto izguba na projektu -1.095.267 EUR. Izvajalec se je v pričakovanju uvedbe optimizacij zavestno odločil podati 11 % nižjo ceno od kalkilirane lastne cene objekta. Dejanski poslovni rezultat po končnem obračunu objekta je pokazal, da je projekt še zmeraj končan z izgubo -687.202 EUR, vendar je ta izguba občutno manjša od kalkilirane izgube -1.095.267 EUR. Vpliv spremembe tehnologije je razviden pri strošku materiala, ki je nižji od začetne kalkulacije. Dejanski strošek dela je večji kot kalkilirani, kar je predvsem posledica podaljšanja roka izvedbe del. Povečan je tudi strošek kooperantskih del, kar je posledica nerealnih ponudbenih cen, po katerih nismo mogli pridobiti podizvajalcev.

## 5.2 Primerjava izvedbe temeljenja

Z izbiro temeljenja na pilotih smo imeli prihranke na samih vgrajenih materialih ter prihranek na času izvedbe temeljenja. Izvedba vodnjakov, kot je bila predvidena v projektu PZR, bi bila zamudna in bi zahtevala večjo uporabo delovne sile na gradbišču ter uporabo mehanizacije z majhno kapaciteto. Mehanizacija je zaradi faznosti izvedbe vodnjakov slabo izkoriščena, medtem ko poteka izvedba pilotov večinoma zvezno in brez zastojev. Čeprav smo izvedli eno podporo več kot v projektu PZR, so prihranki na vgrajenih materialih znašali:

- prihranek na vgrajenem betonu 2040 m<sup>3</sup>.
- prihranek na vgrajeni armaturi 259 t,
- prihranek na izvedenem opažu 7800 m<sup>2</sup>.

Velik del prihrankov je nastal pri temeljenju začasnih podpor, ki sta zaradi spremembe načina gradnje v celoti nepotrebni.

## 5.3 Primerjava izvedbe spodnje konstrukcije

Zaradi spremembe projekta smo morali izvesti dodatno podporo. Kljub povečanju števila podpor se je skupna dolžina stebrov zmanjšala za 33 m. V projektu PZR je bil steber projektiran skozi celotno globino vodnjaka do temeljne plošče na dnu vodnjaka. Prav tako sta odpadli dve začasni podpori med polji 0 in 1 ter med polji 4 in 5, ki ju pri izvedbi narivanja konstrukcije ne potrebujemo. Prihranki oziroma več dela zaradi spremembe konstrukcije tako znašajo:

- prihranek na vgrajenem betonu 305 m<sup>3</sup>,
- prihranek na izvedenem opažu 810 m<sup>2</sup>,
- več dela pri vgradnji ležišč 4 kose.

Bistveni prihranek je nastal na izvedbah začasnih podpor, ki so v celoti odpadle. Izvedba konstrukcije le-teh je zelo zamudna in zahteva angažiranje delovne, sile ki je zaradi

zahtevnosti izvedbe konstrukcije ter dela na višini v veliki meri neizkoriščena.



Slika 31: Izvedba začasne podpore na viaduktu Peračica

#### 5.4 Primerjava izvedbe zgornje konstrukcije

Gradnja zgornje konstrukcije objekta z narivanjem je imela v danem primeru veliko prednosti, ki so pretehtale pri odločitvi uvedbe le-te:

- vsa organizacija gradbišča za izvedbo narivanja zgornje konstrukcije je na območju delavnice na ljubljanski strani viadukta. Za izvedbo narivanja potrebujemo samo en žerjav na območju delavnice. Pri izvedbi prostokonzolene gradnje potekajo aktivnosti na vsakem stebru posebej. Treba je organizirati ločene delovne skupine, ki morajo imeti zaradi zahtevnosti izvedbe del nadrejenega delovodjo. Na vsakem stebru moramo imeti tudi vseskozi prisoten žerjav. V zimskem obdobju lahko na območju delavnice za narivanje postavimo delovni šotor in s tem preprečimo zamude zaradi vremenskih neprijetnosti kar pri prostokonzolni gradnji ni mogoče;
- ko se po nekaj taktih narivanja ekipa »uigra«, dela potekajo zvezno v tedenskih taktih dolžine do 33 m, medtem ko na prostokonzolni gradnji dosežemo z enim parom vozičkov dolžino konstrukcije 10 m. Da bi sledili izvedbi po terminskem planu, bi



morali konstantno izvajati konstrukcijo z dvema paroma vozičkov. Zaradi zamud, ki so nastale na pilotiranju, pa bi bili primorani angažirati celo tretji par vozičkov;

- pri izvedbi prostokonzolne gradnje je treba izvesti del konstrukcije kot gradnjo na odru, kar še dodatno podraži izvedbo del. Gradnjo na odru bi bilo treba izvajati med opornikom 0 in podporo 1 ter med podporo 4 in opornikom 5 v dolžini 20 m;
- delovni procesi na prostokonzolni gradnji vseskozi potekajo na velikih višinah. Delavci, ki sodelujejo pri gradnji na konzolah so zato upravičeni do dodatkov za delo na višini, kar bi dodatno povečalo strošek delovne sile za 18 %;
- v primeru prostokonzolne gradnje bi morali na stebre in konzole vgraditi betonovode za vertikalni in horizontalni transport betona. V primeru hkratnega betoniranja dveh konzol bi tako potrebovali dve stacionarni črpalke za potisk betona na konzolo, kar pri tehnologiji narivanja konstrukcije odpade;
- slabost pri tehnologiji narivanja je zamenjava začasnih ležišč na stebrih s končnimi ležišči. Pri tem je trebačasne ležiščne bloke odstraniti, delo je zaradi omejenega prostora zamudno in potrebno je angažiranje kvalificirane delovne sile. Kljub naštetim dejstvom pa zamenjava začasnih ležišč ne ovira kontinuiranega dela delovnega procesa in se izvaja vzporedno z drugimi aktivnostmi.

Prihranki oziroma več dela zaradi spremembe zgornje konstrukcije so:

- več dela na vgrajenem betonu 197 m<sup>3</sup>,
- prihranek na vgrajenem betonskem jeklu 225 t,
- več dela na vgrajenih prednapetih kablilih 12,2 t.

Poleg zgoraj navedenih prihrankov na materialih je bil bistvenega pomena vpliv spremembe tehnologije pri organizaciji in poteku samih del.

## 6 POSTOPEK SPREMEMBE IZVEDBE OBJEKTA

Vzporedno s podpisom pogodbe z naročnikom je podjetje Primorje pričelo z aktivnostjo pri spremembi konstrukcije objekta. Projektantsko podjetje je pripravilo idejno zasnovo spremembe konstrukcije objekta. Za spremembo konstrukcije je projektant pridobil pozitivno mnenje koordinatorja za cestno oblikovanje trase AC Vrba–Peračica. Koordinator v svojem mnenju navaja, da je nova oblika viadukta primernejša od prvotne ter da je nova rešitev umirjena in skladno oblikovana. Po podpisu pogodbe z naročnikom je izvajalec del poslal naročniku DARS d. d. predlog spremembe projekta. V njem smo opisali pozitivne učinke spremembe konstrukcije na videz viadukta, na izvedbo temeljenja ter na lastno ceno in rok izvedbe objekta.

Investitor DARS d. d. je v nadaljevanju pridobil mnenje recenzenta. Recenzent je na osnovi pregleda PZR ter izvlečka projekta PGD podal strokovno mnenje, v katerem se je v celoti strinjal s spremembo konstrukcije objekta. Na osnovi poročila recenzenta je investitor podal pozitivno mnenje k spremembi konstrukcije. Naročnik je v dopisu, v katerem je izrazil strinjanje s spremembo, podal tudi nekatere zahteve. Od izvajalca je zahteval, da predloži nov predračun, iz katerega so razvidni prihranki naročnika. V projektantskem predračunu je naročil upoštevanje dodatno naročenih del, ki niso bila zajeta v projektu PZR. Od izvajalca je zahteval, da naroči in izvede spremembo regulacije potoka Dobruše, v kolikor je potrebna zaradi spremembe podpor.

Na osnovi pozitivnega mnenja naročnika je pričel postopek projektiranja projektov PGD ter PZI. Izvajalec je na zahtevo naročnika pripravil nov predračun ter predlog za sklenitev aneksa k osnovni pogodbi. V predračunu je izvajalec ovrednotil novo vrednost del temeljenja ter zgornje konstrukcije objekta. Podal je tudi vrednost dodatno naročenih del po reviziji projekta PGD. Dodatna naročena dela, ki niso bila zajeta v fazi projekta PZR, obsegajo:

- zasip stebrov zaradi zaščite brežin,
- izvedbo dvojnega epoksidnega premaza zgornje površine prekladne konstrukcije,
- povišanje nadvišanja betonske varnostne ograje iz jeklenih cevi s 30 cm na 50 cm,
- spremembo materiala odvodnjavanja viadukta iz litoželeznih cevi v cevi iz poliestra,

- vgradnjo protihrupne dilatacijske konstrukcije z namenom zmanjšanja hrupa pri prehodih vozil preko dilatacije.

Izvajalec se je v dopisu dodatno obvezal, da bo spremembo regulacije potoka Dobruše, če bo potrebna, izvedel brez doplačil.

Izvajalec je istočasno na naročnika podal zahtevek za podaljšanje roka dokončanja del za 4 mesece. V skladu s pogodbo je bil rok izvedbe 22 mesecev po podpisu pogodbe, to je 18. 02. 2008. Spustitev objekta v promet pogojuje končanje del na trasi AC Vrba–Peračica, in sicer v roku 32 mesecev od uvedbe v delo, to je 30. 04. 2009. Zaradi odkritja arheološkega najdišča na območju opornika na jeseniški strani so bila dela na tem delu ustavljena. V skladu s 4.24 podčlenom (fosili) pogojev gradbenih pogodb – FIDIC smo bili upravičeni do podaljšanja roka izvedbe del.



Slika 32: Arheološko gradbišče – Vila Rustica na območju opornika 1 viadukta Dobruša na jeseniški strani

Podaljšanje roka je bilo opravičljivo tudi z vidika same tehnologije izvedbe del, saj bi se po prvotnem roku izvedbe dela morala končati 18. 02. 2008, kar bi pomenilo izvedbo zaključnih del v zimskih mesecih, kar pa je nesprejemljivo.

Investitor je podal pozitivno mnenje tudi na spremembo roka objekta. V podpis nam je poslal aneks k osnovni pogodbi, v katerem so bile navedene ugotovitve:

- obračun izvedenih del na viaduktu Dobruša se v celoti izvede po načelu »ključ v roke«, vključno s temeljenjem in zemeljskimi deli;
- zaradi odkritja arheološkega najdišča so nastale nepredvidene okoliščine zaradi motenega dostopa na celotno območje gradbišča;
- rok dokončanja se podaljša na 18. 06. 2008.

S podpisom aneksa je bil postopek spremembe tehnologije zaključen. Obračun izvedenih del se je izvršil po načelu »ključ v roke« vključno s temeljenjem in zemeljskimi deli. Dela so bila končana do 18. 06. 2008, objekt pa spuščen v promet 22. 09. 2008.

## 7 ANALIZA FINANČNE USPEŠNOSTI PROJEKTA

Začetna kalkulacija stroškov v fazi ponudbe je znašala 9.983.001 EUR, objekt pa je bil pogojen za 8.887.734 EUR neto. Razlika med prihodki in odhodki je tako znašala –1.095.267 EUR kar predstavlja 12,3 % izgubo. Vzroki za odločitev pri oddaji tako nizke ponudbe so bili v zaostrenih tržnih razmerah, ki so krojile cene na trgu. Na razpis se je prijavilo pet izvajalcev, med njimi tudi tri tuja podjetja. Bistven vpliv na ceno je imela tudi bližina betonarne, ki je bila v lasti hčerinskega podjetja, tako da je velik del kalkulirane izgube odpadel oziroma se je izničil v dobičkih hčerinskih podjetij.

Končni prihodki na stroškovnem mestu objekta so znašali 9.423.921 EUR odhodki pa 10.111.123 EUR. Razlika med prihodki in odhodki je tako znašala –687.202 eur kar predstavlja 7,3 % izgubo. Končni rezultat objekta je sicer še zmeraj negativen, vendar ob predpostavki, da velik del materialnih stroškov (beton, armatura) in kooperantskih del (napenjanje kablov) odpade na hčerinska podjetja, stroški ostanejo v skupini Primorje in se izničijo z dobički posameznih hčerinskih podjetij. Samo poslovni sistem s tako razvejano ponudbo na trgu je sposoben zagotoviti tako konkurenčne cene izvedbe posameznih objektov.

### 7.1 Ukrepi, ki bi zagotovili izboljšanje poslovnega rezultata

S spremembo tehnologije izvedbe del smo uspeli znižati pogojeno izgubo. Ukrepi, ki bi lahko še dodatno izboljšali poslovni rezultat objekta, so:

- izbira podizvajalca za pilotiranje objekta se je izkazala kot napaka. Uporabiti bi morali lastno vrtno garnituro, s katero bi dela potekala hitreje in brez nepotrebnih zamud. S tem bi skrajšali rok izvedbe objekta in tako posledično zmanjšali fiksne stroške;
- v skladu s 4.24 podčlenom Pogojev gradbenih pogodb – FIDIC smo bili upravičeni do podaljšanja roka izvedbe del. Investitor nam je z aneksom tudi odobril podaljšanje roka za obdobje štirih mesecev. Na investitorja bi morali nasloviti zahtevek za stroške, ki smo jih utrpeli zaradi podaljšanja roka izvedbe. Zahtevek bi zajemal fiksne stroške objekta za obdobje štirih mesecev ter podaljšanje bančnih garancij in zavarovalnih polic. Do zahtevka smo bili upravičeni, vendar se nam je njegova izstavitve zdela moralno sporna.

## 8 ZAKLJUČEK

Sprememba tehnologije izvedbe viadukta Dobruša je imela pozitivne vplive tako na izvajalca kot na investitorja in lokalne skupnosti:

- investitor je dobil enakovreden oziroma celo boljši objekt od razpisanega;
- objekt je bil zgrajen v okviru ponudbene cene brez rizika nepredvidenih del na temeljenju ter izboljšav na zgornji konstrukciji ter krovu objekta;
- izvajalec je zmanjšal stroške izvedbe del z uporabo tehnologije, ki je imel trenutno na razpolago in s pomočjo katere je bistveno poenostavil izvedbo del;
- na pobudo lokalne skupnosti smo pod viaduktom uredili dostopne poti, katere je delno financirala občina. S tem smo še dodatno znižali stroške vzpostavitve zemljišča v prvotno stanje, pridobili pa naklonjenost lokalne skupnosti.

Menim, da moramo kljub poslanstvu, ki ga imajo gospodarske družbe, to je golo ustvarjanje dobička, pri izvedbi gradbenih projektov poskrbeti za zadovoljstvo naročnika in lokalnih skupnosti, ki ob graditvi objektov prenašajo vsakodnevne motnje v prostoru in kvaliteti življenja ljudi.

## VIRI

DARS. Razpisna dokumentacija za viadukt 6-2 Dobruša. 2005. Ljubljana, S.n.: loč. pag.

Mednarodna zveza svetovalnih inženirjev-FIDIC. 1999. Pogoji gradbenih pogodb za gradbena in inženirska dela, ki jih načrtuje naročnik. Lausanne, S.n.: 159 str.

Mugerli, K. 2010. Stroškovno tehnološka optimizacija izvedbe premostitvenega objekta. Diplomski naloga. Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo, Oddelek za gradbeništvo, smer operativno gradbeništvo (samozaložba K. Mugerli): 57 f.

PNZ. Tehnična dokumentacija PZR projekt št. 12-1111. 2005. Ljubljana, S.n.: loč. pag.

Ponting. Tehnična dokumentacija PGD/PZI projekt št. 351-1 /06. 2006. Maribor, S.n.: loč. pag.

Primorje. Tehnološko ekonomski elaborat viadukt 6-2 Dobruša-pilotiranje. 2006. Ajdovščina, S.n.: loč. pag.

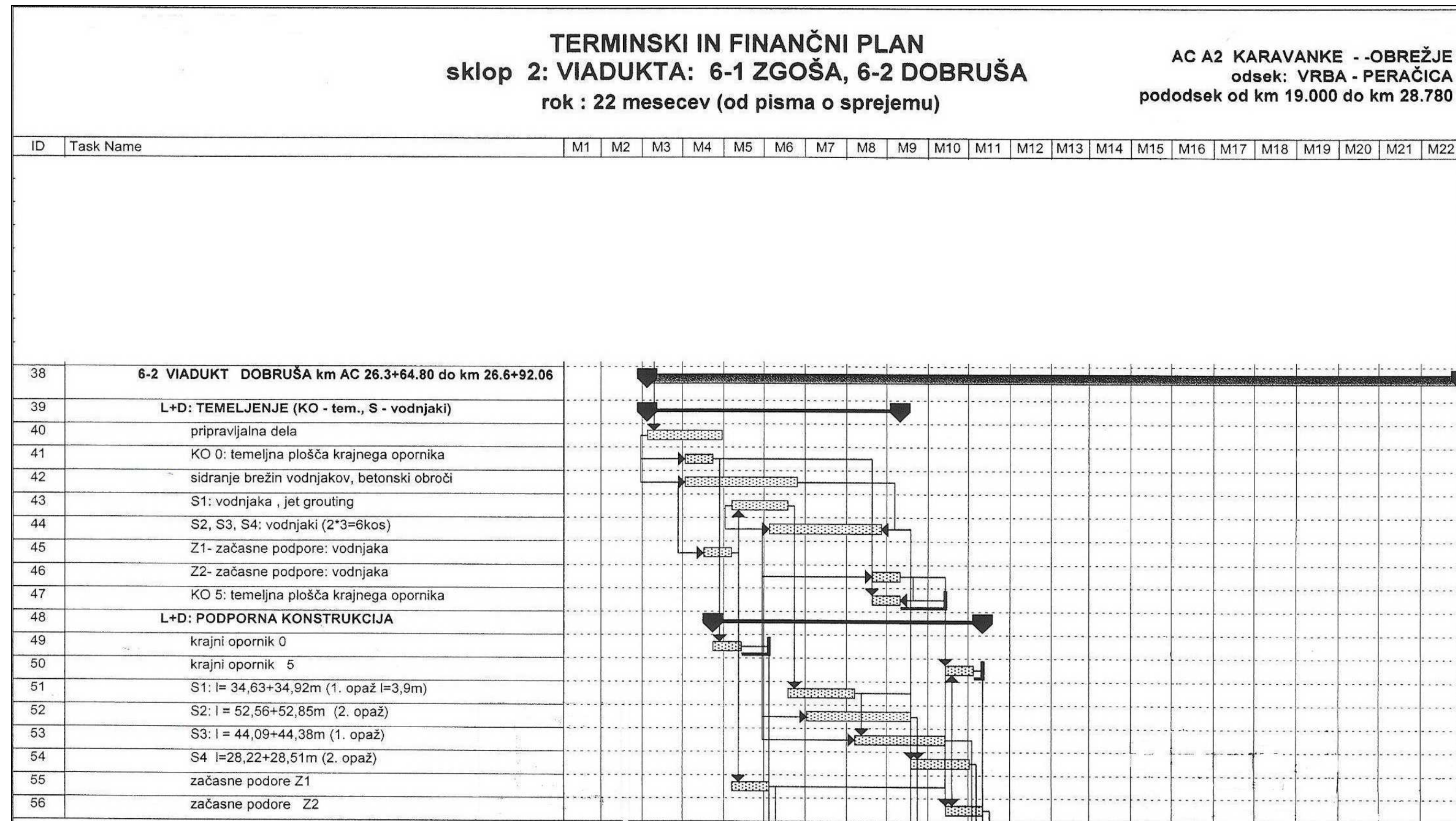
Primorje. Tehnološko ekonomski elaborat viadukt 6-2 Dobruša, Stebri. 2006. Ajdovščina, S.n.: loč. pag.

Primorje. Tehnološko ekonomski elaborat viadukt 6-2 Dobruša, Prekladna konstrukcija. 2006. Ajdovščina, S.n.: loč. pag.

Skulj, S. 2007. Stroški graditve avtocest (Okrogla miza »Stroški gradnje AC v Sloveniji«) [http://www.dars.si/Dokumenti/Stro%C5%A1ki%20graditve%20avtocest%20v%20Sloveniji%20\(2007\)%20-%20prezentacija.pdf](http://www.dars.si/Dokumenti/Stro%C5%A1ki%20graditve%20avtocest%20v%20Sloveniji%20(2007)%20-%20prezentacija.pdf) (Pridobljeno 20. 11. 2011.)

**PRILOGE**

PRILOGA A1 – PONUDBENI TERMINSKI PLAN VIADUKTA DOBRUŠA

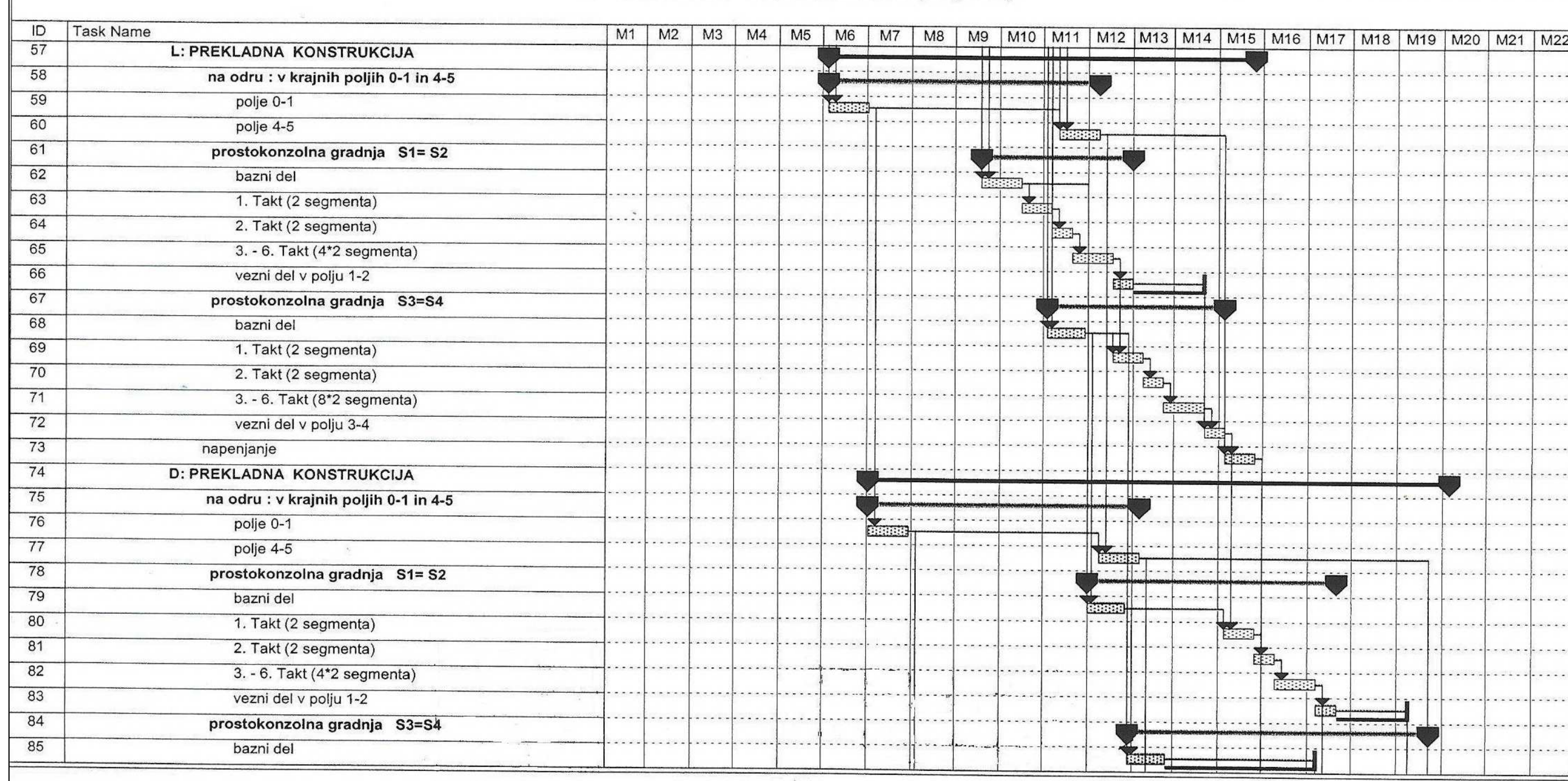




**PRILOGA A2 – PONUDBENI TERMINSKI PLAN VIADUKTA DOBRUŠA**

**TERMINSKI IN FINANČNI PLAN**  
**sklop 2: VIADUKTA: 6-1 ZGOŠA, 6-2 DOBRUŠA**  
 rok : 22 mesecev (od pisma o sprejemu)

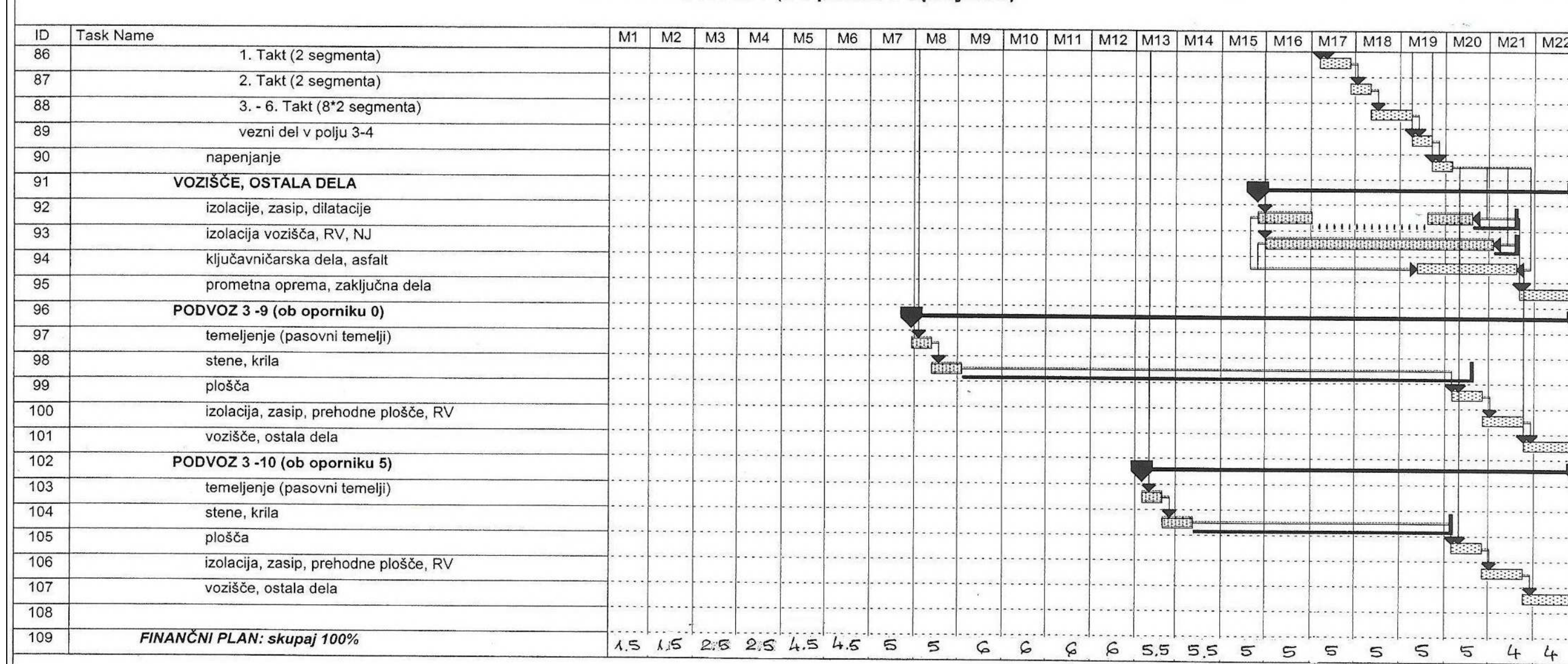
AC A2 KARAVANKE - -OBREŽJE  
 odsek: VRBA - PERAČICA  
 pododsek od km 19.000 do km 28.780



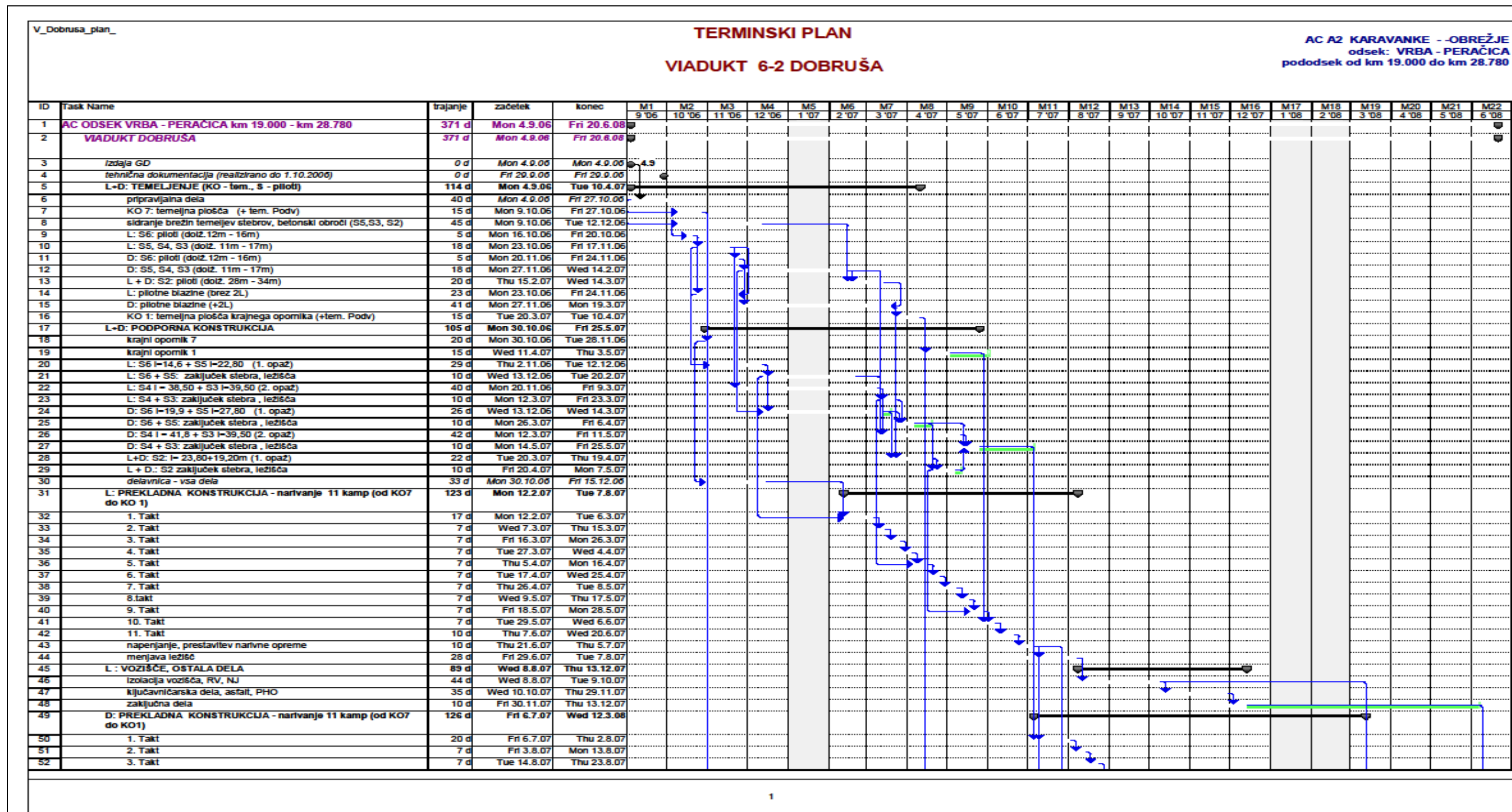
**PRILOGA A3 – PONUDBENI TERMINSKI PLAN VIADUKTA DOBRUŠA**

**TERMINSKI IN FINANČNI PLAN**  
**sklop 2: VIADUKTA: 6-1 ZGOŠA, 6-2 DOBRUŠA**  
**rok : 22 mesecev (od pisma o sprejemu)**

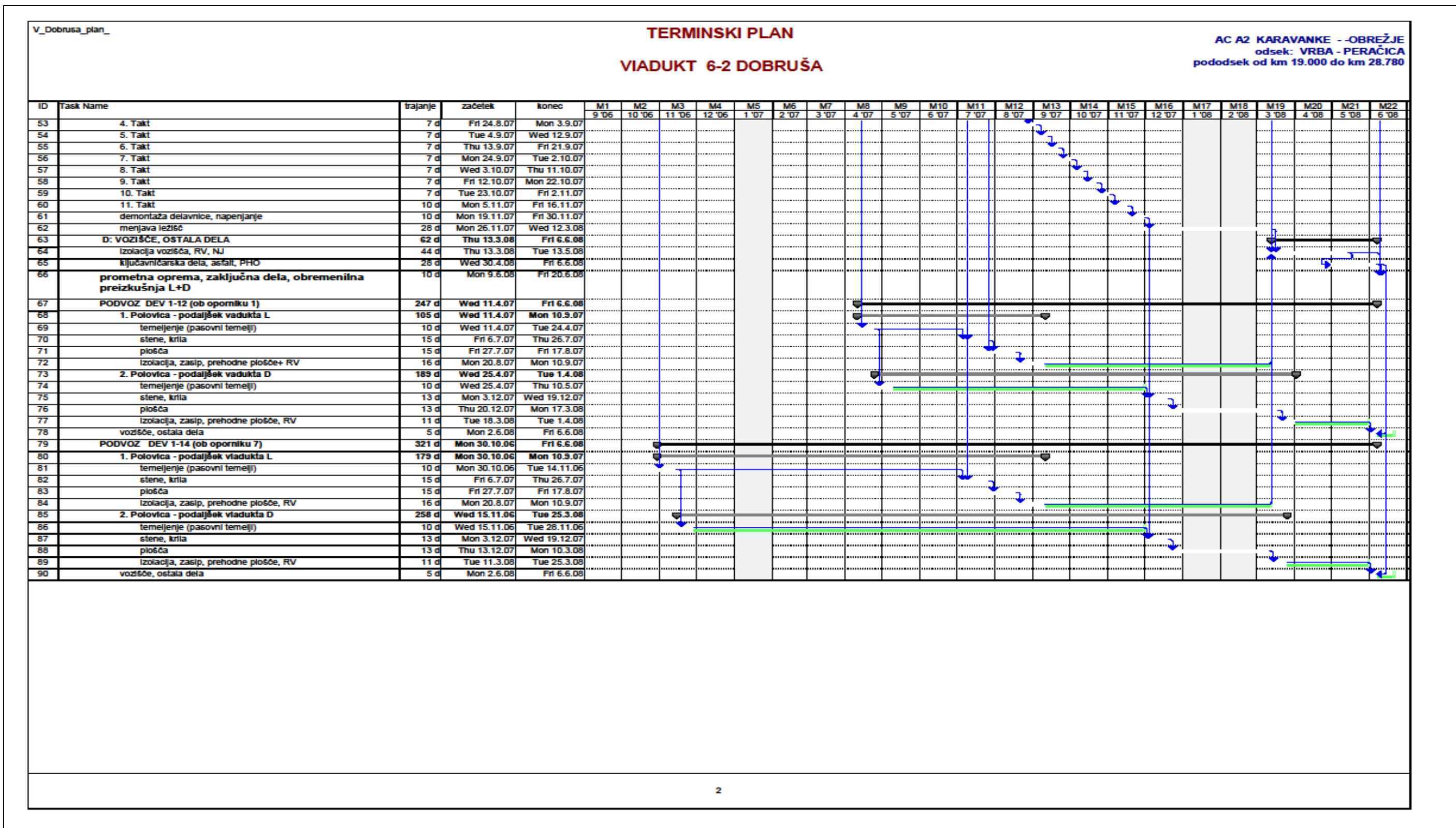
**AC A2 KARAVANKE - -OBREŽJE**  
**odsek: VRBA - PERAČICA**  
**pododsek od km 19.000 do km 28.780**



**PRILOGA B1 – TERMINSKI PLAN VIADUKTA DOBRUŠA**



**PRILOGA B2 – TERMINSKI PLAN VIADUKTA DOBRUŠA**



## PRILOGA C – DEJANSKI TERMINSKI PLAN IZVEDBE VIADUKTA DOBRUŠA

