



## PROJEKTIRANJE, IZGRADNJA I MONITORING VIJADUKTA NA NESTABILNOJ PADINI

**Dobroslav abriilo**, dipl.ing.gra .  
GRADIS, BP MARIBOR d.o.o. Maribor

**Sažetak:** U članku je opisan tijek projektiranja i izvođenja vijadukta koji se nalazi na trasi brze ceste H4 Razdrto- granica Italije, dionica Razdrto-Vipavu. Trasa puta s geološko-geomehaničkog aspekta spada u najzahtjevnije u Republici Sloveniji. Vijadukt Lozice je padinski vijadukt sastavljen od dvije odvojene kontinuirane, prednapregnute konstrukcije sanduastog presjeka, dužina desnog objekata je 333,02 m, a lijevog 332,53 m. Temeljenje objekata na padini bilo je vrlo zahtjevno, budući da su se pomjeranja tla pojavila na dubini cca 26 m. Za osiguranje sigurnosti vijadukta vrši se stalno praćenje pomjeranja i monitoring pomjeranja deformacija i pomjeranja ovog područja za razdoblje od 10 godina.

**Ključne riječi:** monitoring, klizište, bunari, prednapregnuta konstrukcija

## DESIGN, CONSTRUCTION AND MONITORING OF A VIADUCT ON AN UNSTABLE SLOPE

**Abstract:** The article describes the progress of design and construction of the viaduct situated on the route of the high-speed road H4 Razdrto - Italian border, section Razdrto - Vipava. In geological and geomechanical terms, the road section is one of the most demanding in the Republic of Slovenia. The Lozice viaduct is a slope viaduct consisting of two separate continuous, prestressed, box-section structures; the right structure is 333.02 m and left structure is 332.53 m in length. Foundation work of the structures on the slope was very challenging, because soil displacements occurred at the depth of approx. 26m. To ensure safety of the viaduct, monitoring of displacements, and monitoring of deformations and displacements of the area, have been constantly performed for a period of 10 years.

**Keywords:** monitoring, landslide, wells, prestressed structure



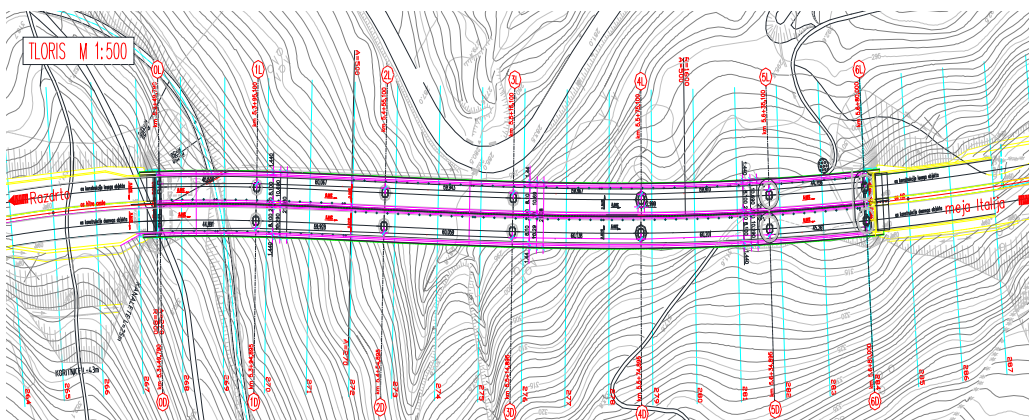
## 1. UVODNI DIO

U radu je opisan tijek projektiranja, izvoenja i praenja Vijadukta Lozice, koji se nalazi na trasi brze ceste Razdrto-Vipava u Sloveniji. Vijadukt je sastavljen iz dva odvojena objekta. Trasa brze ceste sa geološko-geomehaničkog vidika spada u najzahtjevnije u Republici Sloveniji. Vijadukt Lozice je padinski vijadukt sastavljen iz dvije odvojene prednapregnute konstrukcije sanduastog presjeka konstantne visine. Tijekom izvoenja radova na temeljenju stupa br. 5 i upornjaka br. 6 došlo je do pomjeranja tla u dubini 26,0 m, zbog čega su obustavljeni radovi, obavljena dodatna geološko-geomehanička ispitivanja na osnovu kojih je projektant predložio izmjenu temeljenja ovih temelja. Pored ovih izmjena temeljenja, dogovoren je novi sustav praenja i kontrola statičke stabilnosti objekta.



## 2. TEHNIČKI ELEMENTI OBJEKTA

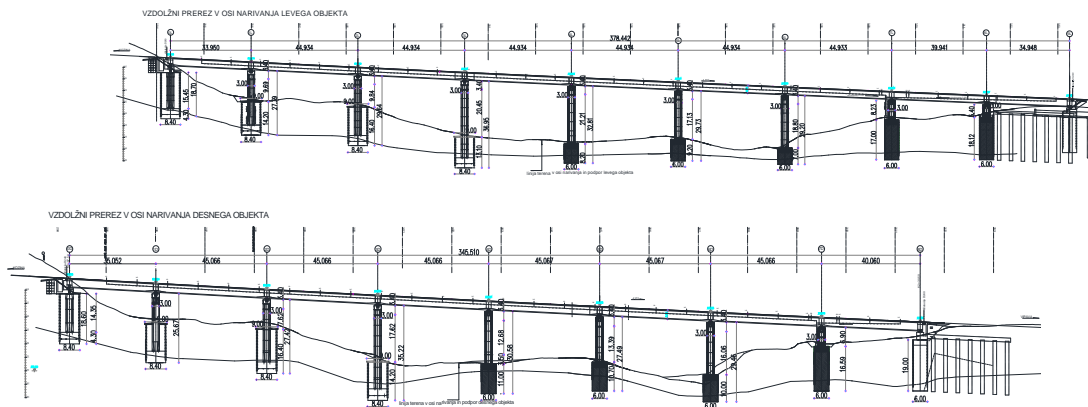
Os trase na vijaduktu nalazi se u prelaznici i radijusu. Niveleta je u konstantnom nagibu od 5%, poprečni nagib kolovoza je promjenljiv od 3,5 % do -2,5% (vitoperjenje). Ukupna širina lijevog i desnog objekta je 21,08 m u uzdužnom smjeru konstrukcija ima 6 raspona ukupne dužine  $L=332,53$  m,  $L_d=333,07$  m s pet stupova i dva upornjaka. (slika 1 i 2)



Slika 1. Dispozicija mosta

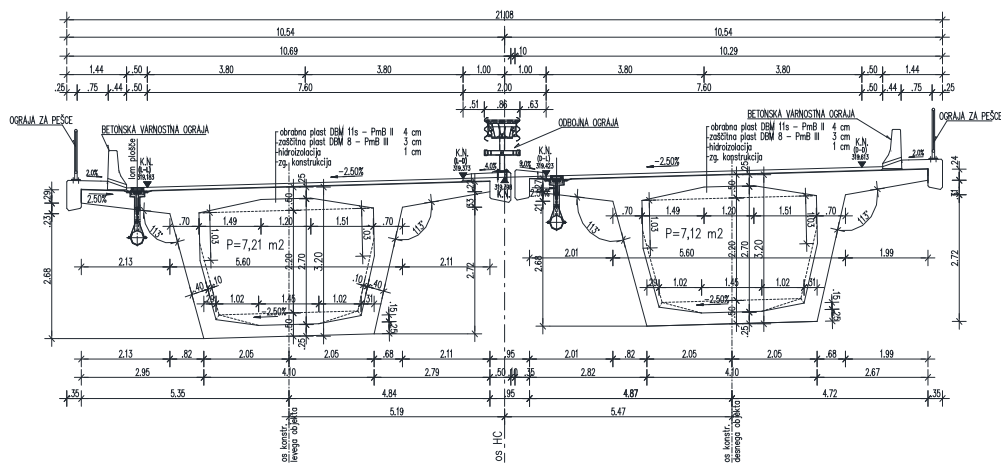


## Projektiranje, izgradnja i monitoring vijadukta na nestabilnoj padini



Slika 2. Uzdužni presjek objekata

Rasponska konstrukcija je zasnovana kao monolitna armiranobetonska prednapeta sandu asta konstrukcija preko šest raspona. Visina sanduka 3,20 m je konstantna po itavoj dužini, širina donje plo e 4,10 m, debljina rebara 40 cm. Izrada rasponske konstrukcije obavljena je po postupku slobodne konzolne gradnje s baznim dijelovima na svakom stupu dužine 6,6 m te lamelama dužine 4,2 i 5,0 m. Izrada jedne lamele traje 7 dana. ( slika 3)



Slika 3. Popre ni presjek objekata

### 3. TEMELJENJE

Ve i dio ovog lanka posve en je temeljenju vijadukta s ciljem upoznavanja s problemima koji mogu nastati kao posljedica nedovoljno obavljenih istražnih radova, posebice kada je u pitanju temeljenje na nestabilnoj padini koja je u geološko-geomehani kom izvješ u iz 2001. godine ozna ena kao stabilna.

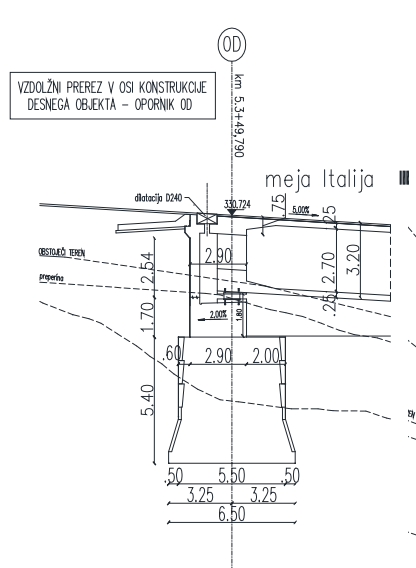


### 3.1. Temeljenje po glavnom projektu iz 2001. godine

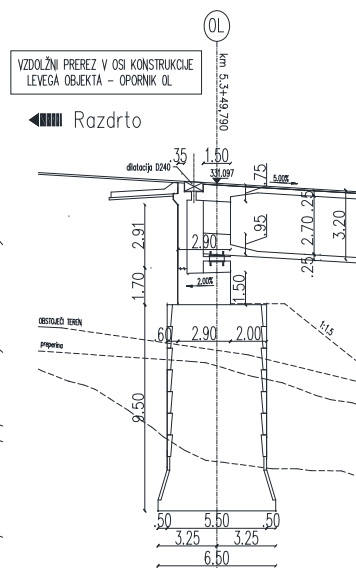
Geotehnički uvjeti s prijedlogom temeljenja su dani u Geološko-geomehaničkom izvješću u br. DN 638050 koga je pripremio GEOT d.o.o. u svibnju 2001. godine. U izvješću je detaljno obrađeno predloženo rješenje dubokog temeljenja na bunaru. Oslonci br. 0,1,2 i 3 se temelje u flišu, dopuštena naprezanja su 1,5 MPa, a oslonci 4, 5 i 6 u padinskom šljunkovitom materijalu s dopuštenom nosivosti od 1,35 MPa do 2,8 MPa. Temeljenje je označeno kao stabilno.

#### 3.1.1. Krajnji upornjaci OD i OL

Temeljenje je projektirano i izvedeno na bunarima promjera 5,5 m s proširenjem dna na 6,5 m. Dubina bunara desnog objekta je 5,40 m, a lijevog 9,5 m. Bunari su popunjeni betonom C25/30. (slike 4 i 5).



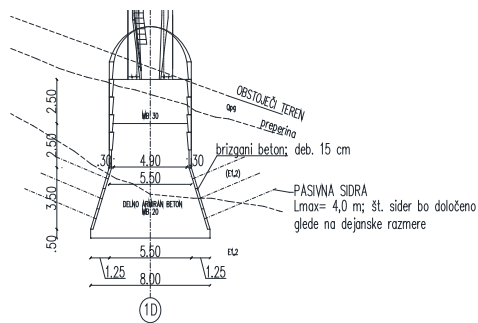
Slika 4. Upornjak OD



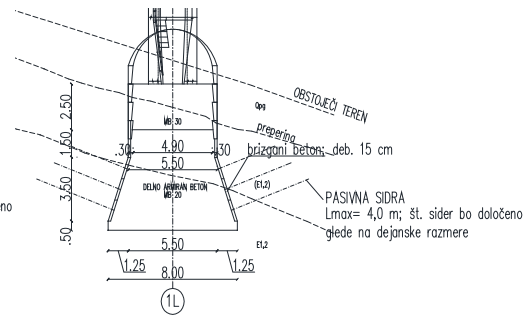
Slika 5. Upornjak OL

#### 3.1.2. Stupovi 1L i 1D (2L,2D,3L,3D)

Temeljenje je projektirano i izvedeno na bunarima promjera 5,5 m s proširenjem dna na 8,0 m. Dubine bunara su 8,0 i 9,0 m. Bunari su ispunjeni betonom, temeljna ploha stupa je u sastavu ispune bunara. (slike 6 i 7)



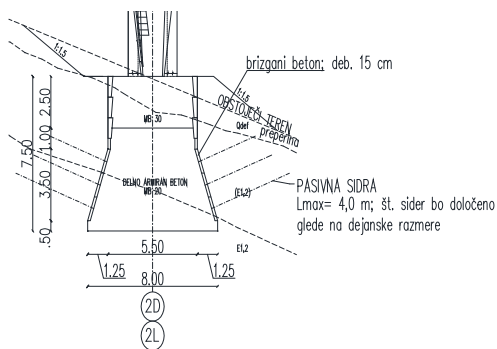
Slika 6. Upornjak 1D



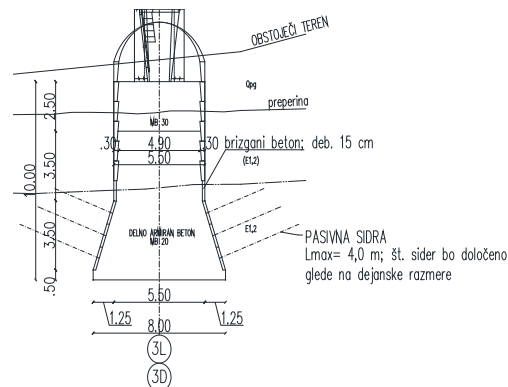
Slika 7. Upornjak 1L

### 3.1.3. Stupovi 2L, 2D i 3L,3D

Temeljenje ovih stupova je projektirano i izvedeno na bunarima promjera 5,5 m s proširenjem dna na 8,0 m. Dubina bunara je 7,5 m kod stupova 2L i 2D te 9,5 i 10,0 m kod 3L i 3D. Temeljna ploha bunara je u sastavu ispune. (slike 8 i 9)



Slika 8. Upornjak 2L,2D



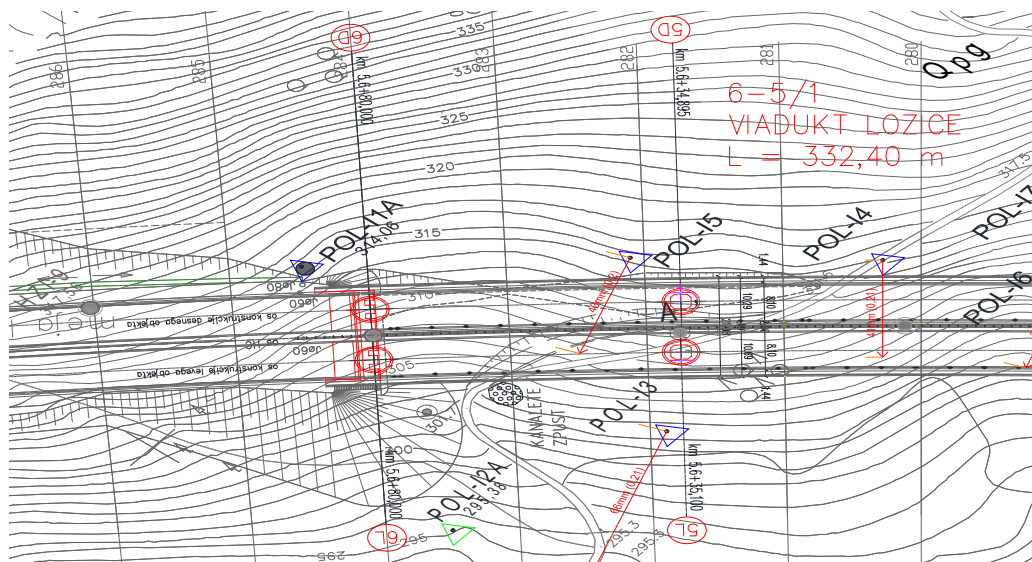
Slika 9. Upornjak 3L,3D

### 3.3. Temeljenje po projektu iz 2003. godine

Tijekom izvođenja radova na izradi bunara za upornjak br. 6 i stuba 5 došlo je do ozbiljnijeg pomjeranja tla zbog čega su obustavljeni radovi. Pristupilo se izradi detaljnog ispitivanja i praćenju ovih pomjeranja terena u kome je predviđeno temeljenje oslonaca 5 i 6. Izvedene su nove bušotine, ugrađene i broj inklinometara, koji su pratili pomjeranje tla po dubini i nekoliko piezometara koji su pratili nivo podzemne vode. Rezultati opsežnih istražnih radova te novo geološko-geomehaničko izvješće zahtijevalo je promjenu temeljenja stupova 5 te upornjaka 6 lijevog i desnog objekta. Geomehanički podaci sa prijedlogom temeljenja izradio je Gradbeni inžtut ZRMK d.o.o Ljubljana, koji je dostavljen projektantu u listopadu 2003. godine. U izvješću je posebno obrađena lokacija ova dva oslonca.



Lokacije stupa 5 i krajnjeg upornjaka 6 posebno su praeni sa geotehni kim i geodetskim mjerenjima inklinometara iznad temelja u osi 6, koji je ve nakon par mjeseci registrirao pomjeranja na dubini 26,0 m.



Slika10. Položaj inklinometara za oslonce 4,5 i 6

Tijekom gra enja postupno je izra eno još 6 inklinometara na kojima su registrirana pomjeranja na dubini 19 do 26 m, odnosno pomjeranja koja se nalaze 4 do 18 m ispod predvi ene kote temeljenja bunara po projektu iz 2001. godine. Inklinometarska mjerenja obavljena u tre oj fazi izra enih inklinometara pokazala su da je i temelj stupa 4 ugrožen, gdje su registrirana lagana pomjeranja na dubini 11,0 m.

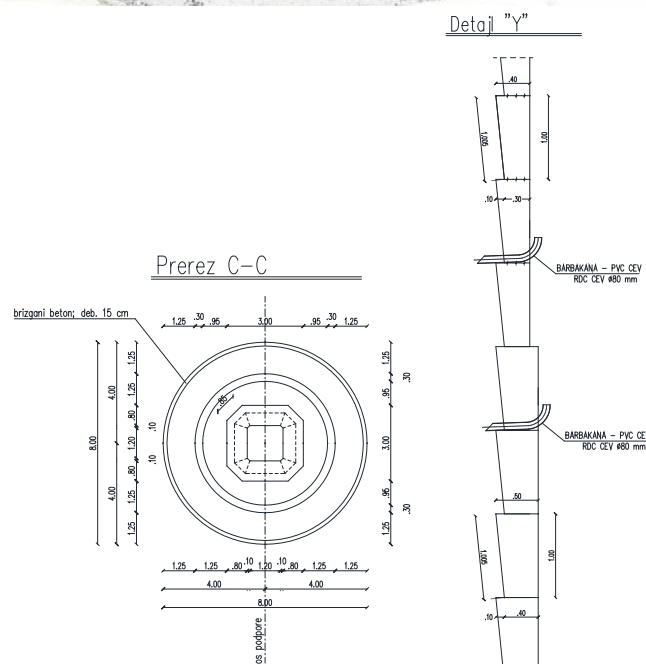
Obavljena detaljna ispitivanja i mjerenja pokazala su da se masa padine ugroženog podru ja lokacije oslonaca 5 i 6, te donekle i stuba 4, prosje no pomjeraju za 10-15 mm na godinu dana.

Na osnovu ovog podatka usvojeno je izmijenjeno rješenje temeljenja stupova 5 i upornjaka 6. Usvojeno je rješenje koje omogu ava pomjeranje tla, a istovremeno ne ugrožava stabilnost stupa odnosno upornjaka. Za predvi eno prosje no pomjeranje tla od 15 mm godišnje, sigurnost objekta je zagarantirana za razdoblje od 135 godina.

### 3.3.1. Temeljenje oslonaca 5 i 6

Temeljenje oslonaca 5 i 6 je na osnovu inklinometarskih mjerenja i ustanovljenih pomjeranja izvedeno u zaštitnom obru u gibljive-deformabilne konstrukcije bunara. Unutrašnji promjer bunara od 7,4 m te dimenzije stupa 3,0x3,0 m, omogu avaju deformaciju- pomjeranje obru eva do 200 cm bez utjecaja na zidove stupova, odnosno stup je zašti en za cca 130 godine.





Slika11: Shema bunara

Obru evi promjera 8,0 m me usobno su po visini povezani samo s konstruktivnom armaturom (slika 11) koja osigurava stabilnost prethodno izra enog obru a.

Kod temeljenja stupova 5L,5D,6L i 6D nastupile su velike promjene u odnosu na osnovni projekt. Bunari su po cijeloj visini konstantnog promjera od 8,0 i 8,40 m, dubina bunara je pove ana, bunari nisu ispunjeni betonom, a stupovi su spuštteni do kote temeljne plo e, na dnu bunara.









- mjerenja odklona stupova,
- mjerenje i praćenje pomjeranja tla na 21 ugrađenih inklinometara dubine 19 do 61 m od kojih se 6 kom nalazi u neposrednoj blizini stupova 4,5,6,
- mjerenje odstojanja između zidova stupova 5 i upornjaka 6 i obručeva bunara. U tu svrhu ugrađeni su posebni instrumenti za ova praćenja,
- mjerenja odklona stupova 3D do 6D na posebno ugrađenim instrumentima.

Za potrebe satelitskog praćenja pomjeranja trase stabilizirano je 39 točaka.

Geodetski monitoring obavlja Katedra za geodeziju Građevinskog fakulteta Maribor sa elektronskim tabimetrima točnost 0,7 mm, dok inklinometarski i geomehnički monitoring obavlja institut ZRM iz Ljubljane.

## 5. ZAKLJUČAK

Inženjerski pregled objekta obavljen je 30.10.2013. godine te uspoređeni rezultati obavljenih mjerenja sa mjerenjima iz 2008., 2009. i 2011. godine. Obavljena je statička kontrola objekta u kojoj su uzeta u obzir sva pomjeranja i otkloni konstrukcije. Kontrola je pokazala da je objekt stabilan, a naprezanja u pojedinim elementima konstrukcije su u dopuštenim mjerama.

## LITERATURA

[1] Projekat za razpis/ glavni projekat/izvedbeni projekat br. 3863 (2005-2009), GRADIS, BP MARIBOR d.o.o