

# GRADBENI VESTNIK

GLASILO  
ZVEZE DRUŠTEV  
GRADBENIH  
INŽENIRJEV  
IN TEHNIKOV  
SLOVENIJE

11-12  
1998



## GRADIS

AC Šentjakob - Malence,  
viseči most s poševnimi  
zategami čez Ljubljanico

**Glavni in odgovorni urednik:**

---

Franc **ČAČOVIČ**

**Lektor:**

---

Alenka **RAIČ – BLAŽIČ**

**Tehnični urednik:**

---

Danijel **TUDJINA**

**Uredniški odbor:**

---

Sergej **BUBNOV**  
mag. Gojmir **ČERNE**  
prof. dr. Miha **TOMAŽEVIČ**  
dr. Ivan **JECELJ**  
Andrej **KOMEL**  
Stane **PAVLIN**  
dr. Franci **STEINMAN**

**Tisk:**

---

Tiskarna **TONE TOMŠIČ d.d.**  
v Ljubljani

Revijo izdaja Zveza društev gradbenih inženirjev in tehnikov Slovenije, Ljubljana, Karlovška c. 3, telefon/faks: 061/221-587, ob finančni pomoči Ministrstva za znanost in tehnologijo, Gradbenega inštituta ZRMK, Zavoda za gradbeništvo Slovenije, Fakultete za gradbeništvo in geodezijo, Univerze v Ljubljani ter Fakultete za gradbeništvo, Univerze v Mariboru.

Tiska Tiskarna Tone Tomšič d.d., Ljubljana.

Letno izide 12 številčk. Individualni naročniki plačajo letno naročnino v višini 2.600 SIT, študentje in upokojeanci 1.300 SIT. Gospodarske organizacije in podjetja plačajo letno naročnino za 1 izvod revije 32.000 SIT. Naročnina za naročnike v tujini znaša 100 USD.

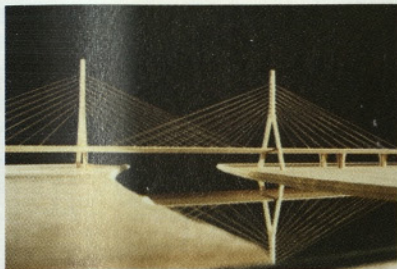
Po mnenju Ministrstva RS za kulturo je v ceno vključen prometni davek.

Žiro račun se nahaja pri Agenciji RS za plačilni promet, Enota Ljubljana, številka: 50101-678-47602.

## VSEBINA - CONTENTS

Stran 238  
Peter GABRIJELČIČ

### MOSTOVI S POŠEVNIMI ZATEGAMI - SIMBOLI ČASA CABLE-STAYED BRIDGES - EPOCH SYMBOLS



Stran 244  
Philip WALLACE

### PROIZVODNJA IN MONTAŽA POŠEVNIH ZATEG ZA MOST ČEZ LJUBLJANICO

#### FABRICATION AND ERECTION OF STAY CABLES FOR THE BRIDGE OVER THE LJUBLJANICA

Stran 249  
Drago OCEPEK, Marjan PIPENBAHER

### IZVEDBA IZKOPA IN VZPOSTA- VITEV TEHNIČNEGA OPAZO- VANJA V PROSTORU GRADNJE POKRITEGA VKOPA - GALERIJE STRMEC

#### CONSTRUCTION WITH MONITORING IN SPACE OF BUILDING COVERED CUTTING SLOPES - GALLERY STRMEC

Stran 256  
Marko ZAVRŠKI, Vukašin AČANSKI, Branko ĐURIČ

### PROJEKTIRANJE IN IZVEDBA MOSTU HC 4,5-12 POD ŽELEZNIŠKO PRGO NA HC BDC - SLIVNICA

#### DESIGN AND CONSTRUCTION OF BRIDGE HC 4,5-12 BELOW RAILWAY TRACK ON THE HIGHWAY BDC - SLIVNICA



Stran 262  
GRADIS - Nizke gradnje d.d.

### PREMOŠČANJE PO TEHNOLOGIJI NARIVANJA PUSHING - OVER TECHNOLOGY

Stran 267  
GRADIS - Nizke gradnje d.d.

### IZVEDBA OBJEKTOV PO TEHNOLOGIJI VRIVANJA V ŽELEZNIŠKI NASIP JACKING TROUGH RAILWAY ENBANKMENT TECHNOLOGY

Stran 271  
GRADIS - Nizke gradnje d.d.

### TRAJNO GEOTEHNIČNO SIDRO GRADIS GNSS - n PERMANENT GEOTECHNICAL ANCHOR GRADIS GNSS - n

Stran 277  
Ljubo KORPAR

### PROJEKTIRANJE IN GRADNJA NADVOZOV NA VOZLIŠČU AC V SLIVNICI

#### DESIGN AND CONSTRUCTION OF OVERPASSES AT SLIVNICA MOTORWAY JUNCTION

Stran 284  
Jože DROBEŽ

### PROJEKTIRANJE IN IZVEDBA OPORNEGA ZIDU IN PILOTNE STENE OZ-06 NA AVTOCESTNEM ODSEKU VRANSKO - BLAGOVICA DESIGN AND CONSTRUCTION OF RETAINING WALL AND PILE WALL OZ-06 ON THE MOTORWAY SECTION VRANSKO - BLAGOVICA

Stran 290  
GRADIS NOVA

### PROTIHRUPNE OGRAJE V MONTAŽNI IZVEDBI TIP GRADIS NOVA ANTI-NOISE FENCES CARRIED OUT OF PREFABRICATED ELEMENTS TYPE GRADIS NOVA

Stran 292  
Miroslav OGRIZEK

### GRADISOVA TEHNOLOGIJA GLOBOKEGA TEMELJENJA NA ZABITIH PILOTIH GRADIS'S TECHNOLOGY OF DEEP FOUNDATION USING DRIVEN PILES

Stran 302  
Mirko ŠTUHEC

### PROIZVODNJA BETONA PRODUCTION OF CONCRETE

Stran 307  
Iztok PUSOVNIK

### STATIČNA SANACIJA Z UPORABO BRIZGANIH BETONOV STATIC REHABILITATION USING SPRAYED CONCRETES



Stran 310  
Andrej PETELN

### NOVA GENERACIJA PREDNAPETIH BETONSKIH ŽELEZNIŠKIH PRAGOV IZ GRADISA NEW GENERATION OF PRESTRESSED CONCRETE RAILWAY SLEEPERS FROM GRADIS



Stran 318  
GRADBENI VESTNIK

### GRADBENI VESTNIK - LETNO KAZALO GRADBENI VESTNIK - ANNUAL TABLE OF CONTENTS

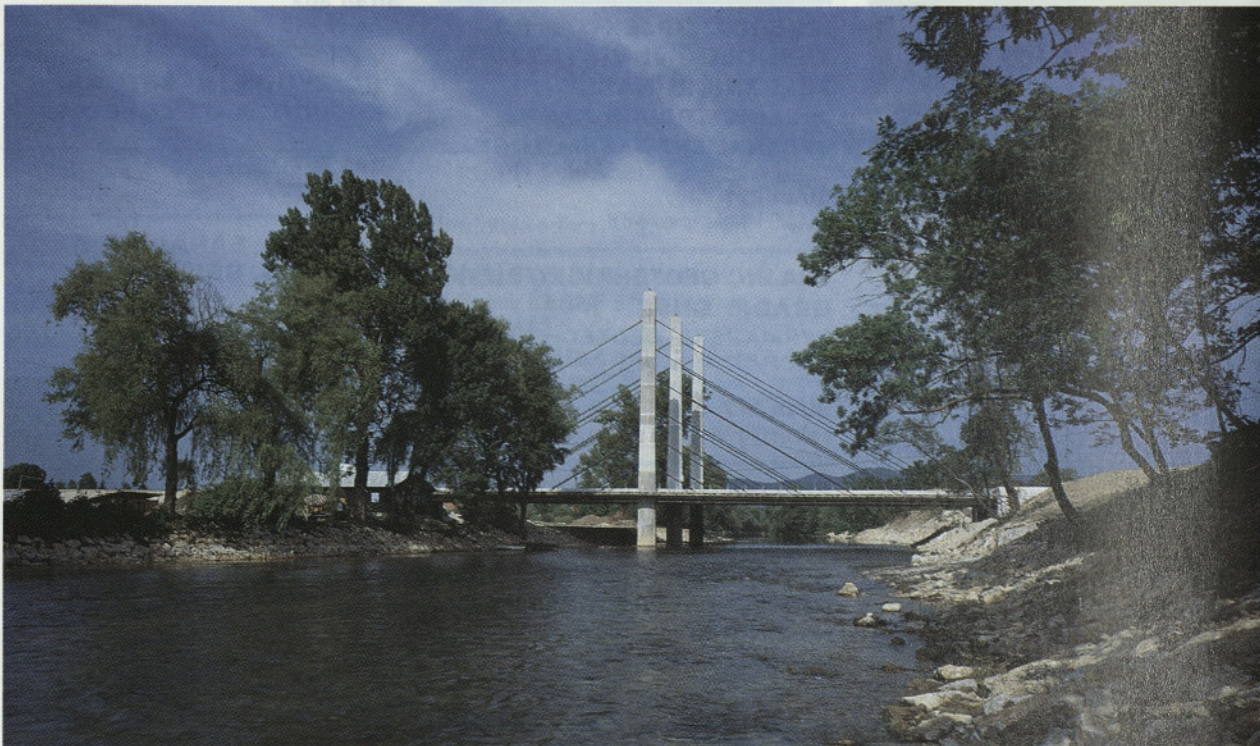
GRADIS: Mostovi s poševnimi zategami - simboli časa

# MOSTOVI S POŠEVNIMI ZATEGAMI - SIMBOLI ČASA

## CABLE - STAYED BRIDGES - EPOCH SYMBOLS

UDK 624.21 : 625.745.1

PETER GABRIJELČIČ



### POVZETEK

V Sloveniji posvečamo vse večjo skrb ekološki stabilnosti in prvobitnosti naravnega in kakovosti grajenega okolja, zato težimo pri gradnji cest in avtocest k rešitvam z minimalnimi negativnimi vplivi na okolje. Za ta namen so GRADIS, Biro za projektiranje v Mariboru skupaj s Fakulteto za arhitekturo v Ljubljani in ZRMK razvil tehnologijo gradnje mostnih objektov z ekstremno tanko mostno ploščo na velikih razponih, ki je primerna za gradnjo v ravninskem svetu. Konstrukcijska zasnova mostnega objekta s tremi piloni in poševnimi zategami, ki smo ga zgradili čez reko Ljubljanico v Ljubljani, omogoča radikalno stanjšanje mostne plošče na vsega 40 cm debeline in s tem občutno nižanje avtocestnih nasipov oziroma zvišanje svetle višine pod mostom. Most čez Ljubljanico je namenjen tudi pešcem, zato je skrbno oblikovan v detajlih, njegova v vertikalno razvita mostna konstrukcija pa učinkuje v prostoru kot pomemben urbani znak "landmark". Na podobnih izhodiščih gradi tudi prvonagrajeni projekt avtocestnega mostu prek reke Mure. Projekt rešuje problem zahteve po ločeni konstrukciji vozišč s dvema vzporedno postavljenima mostnima objektoma. Objekta sta zasnovana kot mostova s poševnimi zategami, z dvema pilonoma A oblike, ki sta postavljena vsak na svojem bregu reke, tako da se nad reko izoblikuje likovno in simbolno zanimiv preplet jeklenih pletenic.

## SUMMARY

In Slovenia there has been a lot of consideration for an ecological stability as well as the integrity of natural and built environment. Therefore the construction of roads and motorways tends to avoid any possible negative effects on the environment. Regarding these aims, Gradis - the engineering & project office from Maribor in collaboration with the Faculty of Architecture in Ljubljana and the ZRMK - Institute for Research of Materials and Constructions have developed a technology of building bridges with extremely fine bridge platform on large spans that is suitable for building in flat land regions. The structure of the cable-stayed bridge with three over the river Ljubljanica in the city of Ljubljana allows a radical reduction of the bridge platform to only 38 cm and therefore a considerable reduction of the dimension of the motorway fill as well as a greater clear height under the bridge. The details are carefully elaborated for this is also a pedestrian bridge. Its vertically developed structure creates an important landmark. The prize-winning project for the new motorway bridge across the river Mura has similar bases. It comprises two parallel bridging structures in order to permit a separate road structure. Together they form a cable-stayed A-shaped bridge with on two piers - each on its own river bank - so that a visually as well as a symbolically significant game of steel wires is created above the river.

Avtor:

prof. Peter GABRIJELČIČ, FAKULTETA  
ZA ARHITEKTURO



# GRADIS

## NOVA OKOLJSKA SENZIBILNOST KOT OBLIKOVALSKI IN KONSTRUKTERSKI KONTEKST

V Sloveniji je dozorelo spoznanje, da predstavlja gradnja cest in avtocest pomemben prispevek k oblikovanju kulturne podobe našega nacionalnega prostora. Smo priča številnim novim tudi arhitektonsko oblikovanim objektom, ki so rezultat vzajemnega dela inženirjev in oblikovalcev. Hkrati se zavedamo, da je morda še bolj pomembno kot skrbeti za izjemne objekte, ki imajo svojega skrbnika, usmeriti naš profesionalni napor v izoblikovanje tehničnih in estetskih standardov, ki bodo zagotavljali splošno tehnično in oblikovalsko kakovost na vseh nivojih procesa cestnogradnje - od priprave tehnične dokumentacije do končne izvedbe. Globalni okvir in izhodišče za oblikovanje novih standardov morajo tako predstavljati splošne civilizacijske norme, kot so:

- upoštevanje vpliva cest na socialno in družbeno okolje,
  - skrb za varovanje naravnega in kulturnega okolja,
  - funkcionalnost,
  - varnost,
  - ekonomika in
  - estetika
- Razviti moramo posebne standarde za oblikovanje in vodenje cest skozi urbana in podeželska območja, skozi kmetijski in gozdni prostor ter za oblikovanje posameznih cestnih elementov, kot so:
- premostitveni objekti (mostovi, viadukti, predori, galerije, ukopi),
  - elementi cestnega koridorja (vozni pasovi, ločevalni pasovi, ločevanje vozišč),
  - cestni inventar (zaščitne ograje na mostovih, odbojne ograje, svetlobne ograje, protihrupne ograje),
  - osvetljevanje cest in vizualne komunikacije,
  - elementi cestnega obrobja (brežine in useki, zasaditve, prečni prehodi,
  - arhitektura ob avtocesti (cestninske postaje, centri za vzdrževanje cest, bencinski servisi, počivališča)

V Sloveniji smo priča intezivnemu prilagajanju okoljevarstvene in prostorske zakonodaje Evropskim standardom in načelom Agende 2000. Posebno skrb posvečamo ohranjanju ekološke stabilnosti in prvobitnosti naravnega okolja, zato razvijamo, tako kot v Evropi številne nove tehnologije, ki omogočajo realizacijo tega cilja. Med drugim se v cestni in mostni gradnji srečujemo s problemom nezaželenege zapiranja in pregrajevanja rečnih dolin z visokimi cestnimi nasipi. Okoljevarstveniki in urbanisti težimo k rešitvam, ki zmanjšujejo negativne vplive na okolje in zato oblikovanju čimkrajših - nizkih nasipov ob čimvečjih svetlih višinah podmostij. Vodarji zahtevajo čimmanjše število podpornih elementov pod premostitvenimi objekti. Težimo k ohranjanju V prehodnosti obrečnega pasu pod objekti, v primeru gradnje nadvozov pa tudi k zadostni

zakonsko predpisani svetli višini. Optimalizacija vseh navedenih parametrov je pogosto mogoča edinole na račun občutnega tanjšanja horizontalne mostne konstrukcije (mostne plošče).

## LJUBLJANSKA IZKUŠNJA

Konstrukterska skupina V. Ačanskega v Gradisu, Biroju za projektiranje

v Mariboru je pri gradnji novega AC mostu čez Ljubljanico za ta namen izoblikovala skupno z Univerzo v Ljubljani- Fakulteto za arhitekturo in ZRMK inovativno rešitev v svetu že splošno uporabljane tehnologije mostnih konstrukcij s poševnimi zategami. Obravnavana rešitev je nastala na podlagi dolgoletnih strokovnih raziskav o možnosti aplikacije koncepta konstrukcije mostu s poševnimi zategami. Prve

tovrstne projekte je ponujal Gradis skupaj s Fakulteto za arhitekturo že leta 1982 z natečajnima projektoma za novi most v Zagrebu in dvoetažni most v Mariboru, kasneje pa tudi v Ptujju in ponovno dvakrat v Mariboru in Kostanjevici. Konstrukcija mostu s poševnimi zategami se je razvila iz potrebe po premoščanju plovnih rek z niskimi obrežji, kjer je bilo potrebno razviti konstrukcijo v višino, stanjšati mostno ploščo, podmostje pa razbremeniti večjega števila podpornih elementov, ali kadar je bilo potrebno prečiti nizke ravnine s slabimi pogoji temeljenja.

Običajne so realizacije mostov z enim osnim ali dvema vzporednima pilonom, kar pogojuje ioblikovanje masivne gredne oziroma konzolne konstrukcijske mostne plošče (to pa pomeni še vedno relativno debelo horizontalno konstrukcijsko ploščo. 2.00 m in več). V primeru mostu čez Ljubljanico, kjer je bilo potrebno zaradi izjemnih pogojev radikalno stanjšati mostno ploščo brez povečanja števila podpornih stebrov, takšna rešitev ni zadoščala. Poiskali smo inovativno rešitev s tremi vzporedno postavljenimi mostnimi piloni, prek katerih lahko bolj enakomerno "primemo" mostno ploščo, ki je v tem primeru debela vsega le 38 cm. Plošča je enakomerno debela brez prečnikov (razen med piloni), le na mestih pripenjanja zateg so izoblikovane polkrožne AB bradavice, ki segajo v svetlo višino podmostja. Na ta način smo uspešno rešili ne le zapleten ekološki, urbanistični in naravovarstveni problem, pač pa smo tudi razvili nov konstrukcijski sistem, ki ga bo mogoče uspešno aplicirati tudi pri številnih bodočih premostivnih objektih:

a) Pri pričakovani potrebi po izgradnji obvoznic okoli urbanih krajev ali pri rekonstrukciji regionalnih cest, kjer je potrebno ob prečkanju reke dvigniti niveleto regionalne ceste nad koto stoletne vode (to pomeni pri klasičnih konstrukcijah s prehodnostjo ob reki ca. 5.00 m nad koto terena),



Slika 2: Maketa mostu čez Ljubljanico

kar pa zahteva potrebno izgradnjo dolgih in visokih nasipov in obsežno angažiranje terena. Še pomembnejši so naravovarstveni kriteriji, ki pogosto preprečijo takšno gradnjo, ki se mora zato preusmeriti v tehnično in ekonomsko zahtevnejše koridorje.

b) Pri izgradnji novih AC ali ostalih mostov v ravninskem svetu, kjer je potrebno zadostiti prej opisanim kriterijem.

c) Pri gradnji nadvozov, kadar smo ob gradnji omejeni s prostorom ali nimamo dovolj manevrskega prostora za druge rešitve

d) Pri rekonstrukcijah obstoječih objektov, ki so višinsko limitirani v okviru obstoječih gabaritov, itd.

Uporaba nove konstrukcijske zasnove mostu s tremi vzporedno postavljenimi piloni omogoča realizacijo pogosto ekološko rizičnih projektov, hkrati pa tudi realizacijo sicer najracionalnejših cestnih koridorjev, ki so ob uporabi klasičnih mostnih konstrukcij neprimerni zaradi okoljevarstvenih razlogov. To pa pomeni pogosto pomembno racionalizacijo stroškov pri izvedbi določenega cestnega projekta.

S projektom ljubljanske "harfe" je rešen predvsem kompleksen ekološki in urbanistični problem, v vertikalo razvita mostna konstrukcija pa učinkuje v prostoru tudi kot pomemben urbani znak. Voznika opozarja, da prečka reko in je torej pomembna geografska orientacija. Konstrukcija mostu s tremi vzporedno postavljenimi "harfami" predstavlja atraktiven likovni element, ki ob gibanju opazovalca spreminja svojo temeljno geometrijo. Že daleč pred reko predstavljajo piloni pomembno orientacijsko točko na obzorju. V rečnem prostoru samem je pojav mostu bolj nepredvidljiv, pojavi se nenadoma izza drevesnih krošenj, stopiš iza drevesa ob vodi in - tukaj je! Most neprestano spreminja svoj obraz, kar je po-

sledica asimetrije treh vitkih pilonov in značilne razporeditve vezi. Ta učinek je še posebej opazen z nivoja krajevnih cest in reke.

Glede na dejstvo, da bo postal most čez Ljubljanico sčasoma tudi pomemben mestni, most so mu dodane tudi poti pešcev in kolesarjev zato je mostna oprema oblikovno zahtevnejša ter trajnejša kot običajno. Zaradi izjemne konstrukcijske zasnove se pri tem ni bilo mogoče nasloniti na elemente

iz običajne cestnogradne galanterije. Izbran je bil pač oblikovalski koncept, ki ustreza značaju celotnega objekta. Oprema ima navtični zven, saj most s svojimi piloni in pletenicami asociira na jadrnico, ki je podobno kot most, izpostavljena ekstremnim atmosferskim pogojem in koroziji. Po študiju ladijske opreme so bili izoblikovani ograjni elementi, mostni venec, svetilke, pločniki in podobno. Glede na zahtevo po trajnosti je bil izbran enoten



Slika 3: Detalj mostu čez Ljubljanico

material- prokrom pločevina, ki bo uspešno kljubovala vetru, soli ter zobu časa. S tem bo zagotovljena primerna trajnost (glede na slabe izkušnje, ki jih imamo tako s pleskanimi kot tudi pocinkanimi drobnejšimi kovinskimi elementi) kot tudi likovna primernost ograje. Ograjo mostu oblikujejo vertikalne, rahlo usločene kovinske stojke, ki jih povezuje enotna lesena polica, ki vabi pešca k ogledovanju reke. Lesena polica se upira tako zimskemu mrazu kot poletni vročini in je ob vseh letnih časih prijetna na otip. Med kovinskimi stojkami so razpeljane horizontalne jeklene šibke, le na dnu, ob robnem vencu je nameščena debelejša jeklena cev, ki preprečuje upogib ob morebitnem padcu kolesarja ali pešca. Odločitev za horizontalno namestitvev ograjnih šibk je temeljila na občutenju, da pri novem objektu, podobno kot pri ladji, ni nevarnosti pred padcem v globino, pač pa je nevarnost, da si "zmočimo noge". vzdolž ograje je nameščen polkrožno oblikovani mostni venec iz prokrom pločevine. S takšno rešitvijo je rešen večni problem propadanja tega občutljivega mostnega detajla. Ločeno je dvoje mostnih elementov: konstrukcija, ki mora ostati trajna in nedotaknjena,

in njena zaščita (fasada), ki je lahko lahka in obnovljiva. V zgornjem delu venca, v ravnini pločnika so nameščene talne svetilke, podobno kot v avionskem krilu, ki prek odboja na polici osvetljujejo peščevo pot. Peščevo pot in kolesarska steza sta izvedeni v BOMANITE materialu, v katerega so vrezani vzdolžni utori, ki asociirajo na leseno ladijsko palubo. Bomanit tlak je izveden v sivozeleni barvi ter dodatno posut s svetlikajočim se kremenčevim peskom, ki preprečuje zdrs pešcev ob poledici.

Podobno kot pri zunanji ograji je tudi notranja odbojna ograja sestavljena iz zahtevnejše oblikovanega N.Y. betonskega elementa ter nadvišane jeklene cevi, tako da ustreza tako po kakovosti materialne izvedbe kot po oblikovanju značilnostim mestnega ambienta. Z nižjim N.Y. in jekleno cevjo je dosežena večjo preglednost vozišča, občutek širine in lahkotnejši videz celotne mostne konstrukcije. To je bil eden od oblikovalskih pogojev in izhodišče pri oblikovanju objekta v krajinsko občutljivem obrečnem prostoru. Pozitivne izkušnje iz Koroškega mostu v Mariboru ali novega mostu za pešce na Ptuju kažejo, da so napori v tej smeri po

splošni oceni stroke upravičeni. Mostni piloni so konično oblikovani, da na ta način še poudarjajo lokalno monumentalnost objekta. Sidrni čevlji jeklenih pletenic, ki se vertikalno nizajo ob pilonu, so namenoma vizualno izpostavljeni, tako da pripovedujejo v govorici inženirske estetike o naravi izbranega konstrukcijskega sistema. Na mestu, kjer jeklene pletenice prebadajo mostno ploščo, so nameščeni dolgi pločevinasti tulci (manšete), ki uravnavajo geometrijo sidrišč in so hkrati zaščita plastičnih cevi, ki obdajajo jeklene pletenice. Izkušnje iz podobnih objektov namreč kažejo, da so ta mesta pogosto predmet igre otrok ali vandalizma, poškodovana obloga pletenic pa povzroči odtekanje antikorozijskega olja. Zaradi tudi simbolne in orientacijske funkcije novega mostu je objekt ambientalno osvetljen s štirimi žarometi, nameščenimi v oseh pilonov.

Ob mostu, na desnem delu reke so zgrajena ambientalna stopnišča ter nameščene klopi za počitek in ogledovanje objekta. Peš poti pod mostom so dvignjene nad višino stoletne vode, medtem ko je ostali teren pod mostom znižan za dodatnih 80 cm, da se na ta način še poveča svetla višina pod mostno ploščo. Na desnem bregu reke je čez lokalni potok zgrajen manjši mostiček kot del celotne kompozicije, katerega ograje so, tako kot mostne, izdelane iz prokrom pločevine.

Konstrukterske in arhitektonske rešitve novega objekta so neobremenjene in inovativne, so odgovor na resen ekološki problem, ki se je izpostavil ob gradnji vzhodne ljubljanske obvoznice in zato ponujajo izziv za nadaljnji razvoj mostnogradnje na Slovenskem.

## MOST ČEZ MURO-NOVA PREKMURSKA RAZGLEDNICA

Na podlagi izkušenj, ki smo jih pridobili pri gradnji ljubljanskega



Slika 4: Detalj sidranja

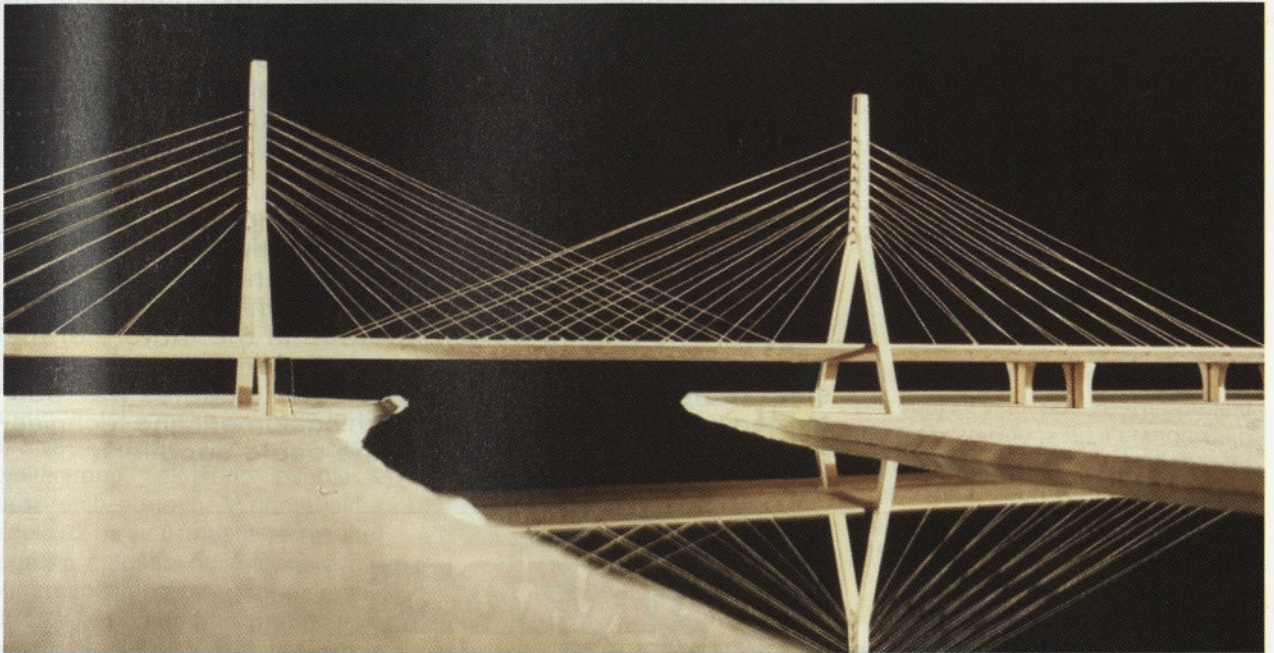


## GRADIS: Mostovi s poševnimi zategami - simboli časa

prvenca, predvsem pa na predlog dolgoletnega študija o zakonitostih cestne kompozicije v odnosu do krajinske tipologije in tipologije premostitvenih objektov, smo izoblikovali tudi predlog objekta s poševnimi zategami, s katerim smo se udeležili državnega natečaja, ki je bil razpisan za konstruiranje in oblikovanje novega mostu čez reko Muro na trasi nove avtoceste. Na natečaj je prispelo 16 natečajnih rešitev, izmed katerih je interdisciplinarna strokovna žirija skoraj soglasno nagradila (z enim glasom proti) rešitev mostu s poševnimi zategami in dvema pilonoma v obliki črka A, ki nosita

vsak svojo mostno konstrukcijo. Pilona sta postavljena na nasprotnih bregovih, tako da se pletenice mostne harfe v osrednjem delu mostu prepletejo v atraktiven geometrični vzorec. Po mnenju komisije bo novi most jasno označil mesto prehoda avtoceste prek reke, hkrati pa bo pomembna geografska orientacija, nov motiv prekmurskih razglednic in likovni simbol na vstopu v državo. V višino obrnjena transparentna konstrukcija mostu ohranja zaradi tanke mostne plošče večjo zračnost sicer nizkega podmostja, gradnja objekta bo enostavna in v okviru pričakovanih stroškov. Takšen objekt ni le cesta

prek reke, iz katere prečkanja reke pogosto niti ne zaznamo, temveč njena simbolna označitev in orientacijska točka v merilu regionalnih razsežnosti. Je pomemben element v ritmiziranju celotne avtocestne kompozicije. Zaradi razmika med cestniščema in zaradi tanke, aerodinamično oblikovane mostne plošče je podmostje objekta zračno in dobro osvetljeno ter omogoča neovirano rast nizke vegetacije. Stanjšanje mostne plošče pogojuje dodatno znižanje cestne nivelete ter s tem znižanje in skrajšanje cestnih nasipov, ki predstavljajo neprijetno ovir v prostoru.



Slika 5: Maketa mostu čez Ljubljanico

## LITERATURA

- *Utforming av bruer*, Norwegian Public Roads Administration, Oslo 1992
- *Natečajno poročilo za novi most čez Muro*, Ljubljana 1998
- *Oblikovanje avtocestnega prostora*. Zbornik mednarodnega seminarja, Portorož 1994
- *Space and Architecture*, Norberg-Shulz, Christian, Studio Vista, London 1971
- *The View from the Road*, Kevin Lynch, M.I.T. Press, Massachusetts, 1964

# PROIZVODNJA IN MONTAŽA POŠEVNIH ZATEG ZA MOST ČEZ LJUBLJANICO

## FABRICATION AND ERECTION OF STAY CABLES FOR THE BRIDGE OVER THE LJUBLJANICA

UDK 624.21.07 : 625.745.1

PHILIP WALLACE

### POVZETEK

Most čez Ljubljano s poševnimi zategami je narejen za cestni promet prek reke Ljubljanice blizu mesta Ljubljana. Izbrane so bile paralelne poševne zatege, ki se ponašajo z zelo močnimi sidri vrste DINA in s fleksibilno zaščito proti koroziji. Zatege so bile izdelane v tovarni dobavitelja v Frick-u v Švici in so bile prepeljane do gradbišča navite na jeklene kolute. Glavni izvajalec je zatege vgradil z opremo in tehnično pomočjo dobavitelja zateg.

### SUMMARY

The cable-stayed Bridge over the Ljubljana carries highway traffic over the Ljubljana river, close to the city of Ljubljana. Parallel-wire stay cables, featuring high fatigue strength DINA anchorages and flexible corrosion protection were chosen. The cables were fabricated in the factory of the supplier in Frick, Switzerland, and then transported on steel reels to the site. Installation of the cables was performed by the main contractor, with equipment and technical assistance being provided by the cable supplier.

Avtor:

Phillip WALLACE, Stahlton A.G.  
Reisbachstrasse 57, CH - 8034  
ZÜRICH



# GRADIS

### UVOD

Zgodaj letos je bil zgrajen prvi most s poševnimi zategami v Sloveniji, most prek Ljubljanice v Ljubljani. Most prečka Ljubljano na obrobju Ljubljane in je del slovenskega avtocestnega programa v izgradnji. Na odločitev, da se most sprojektira kot konstrukcija, ki jo nosijo poševne zatege, je vplival zahtevani prosti profil, ki mora zadoščati tako

plovbi po reki kakor tudi ljudem, ki bodo uporabljali del parka pod mostnim krovom na levem rečnem bregu. Potem ko je bilo preučenih več možnosti, da se premaga omenjeni problem prostega profila, se je izkazalo, da je optimalna rešitev gradnja mostu s poševnimi zategami - rešitev, ki je obenem pomenila, da bo mesto Ljubljana

dobilo dodatno značilno obeležje. (1).

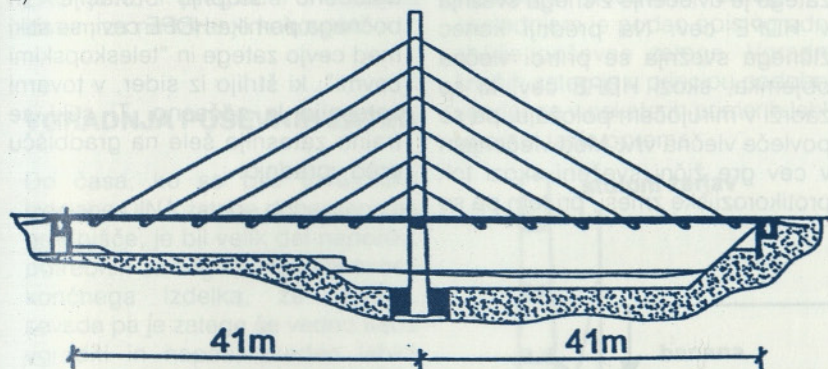
### OPIS MOSTU

Mostni krov je v bistvu plošča, široka približno 37,6 m, s spremenljivo debelino 40 cm - 60 cm. Most ima dva razpona po 41 m

na obeh straneh treh centralnih pilonov, ki se pnejo 24 m nad mostnim krovom. Piloni nosijo poševne zatege vzdolž robov krovne plošče in vzdolž osi mostu. Zatege, vseh je 36, so razporejene tako, da spominjajo na harfo, potekajo pa vzporedno (1) (Sl. 1, Sl. 2).

• DINA sidro z visoko odpornostjo proti utrujenosti na obeh koncih zatege - pasivna sidra pri pilonu in napenjalna sidra pri mostnem krovu (Sl. 3). Za ta sidra so značilne zaključne glavice na koncih žic, ki so sidrane na zadnji strani sidrne glave, ter epoksidno polnilo (DINA

zmes) v področju sidranja, ki odpravi stik jeklo-jeklo med žico in sidrno glavo ter zraku preprečuje dostop v področje sidranja. DINA zmes izdeluje firma Stahlton skladno z interno specifikacijo.

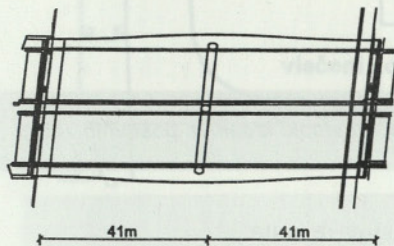


Slika 1: Stranski pogled mostu

## OPIS POŠEVNIH ZATEG

Poševne zatege, izbrane za most preko Ljubljane, so tovarniško izdelane zatege z vzporedno potekajočimi žicami. Pomembna prednost tovarniške izdelave je ta, da ves proces izdelave izvaja kvalificirano, izkušeno osebje v nadziranih pogojih. V primerjavi z izdelavo na licu mesta je rezultat tega na splošno odlična kakovost ob zmanjšanem tveganju napak. Nadaljnja pomembna prednost je ta, da je količina del v zvezi s poševnimi zategami na kritični poti gradnje izrazito zmanjšana - to pa je dejstvo, ki lahko vodi k pomembnim sekundarnim prihrankom glavnega izvajalca. Glavni sestavni deli zateg so:

- Sveženj 7-milimetrskih jeklenih žic za napenjanje (55 do 175 žic v svežnju).
- Črna HDPE cev, ki obdaja žični sveženj (nominalni tlak 10 bar).
- Protikorozijska zmes na osnovi nafte, ki se injektira v praznine med žicami in v prostor med svežnjem žic in HDPE cevjo.



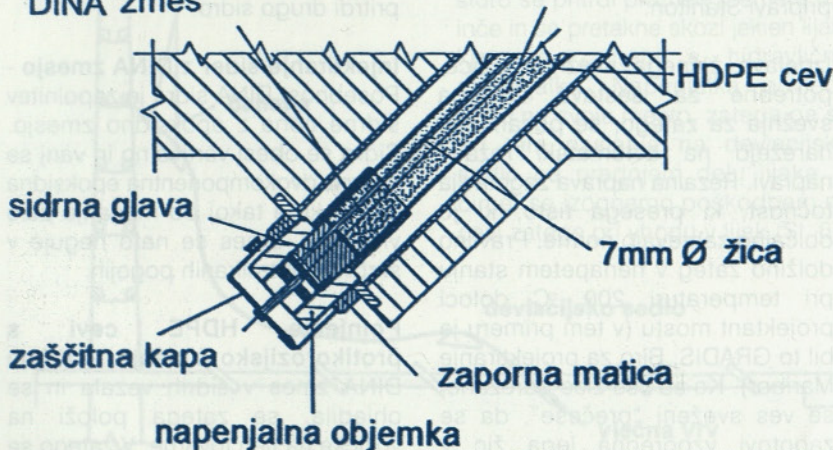
Slika 2: Tloris mostu

## SPECIFIKACIJE SESTAVNIH DELOV

Ker so primarni zatezni elementi mostne konstrukcije, je še posebej pomembno, da so poševne zatege močne in trajne. "PTI priporočila za projektiranje, testiranje in vgradnjo poševnih zateg" (2), ki so splošno sprejeta v industriji, podajajo splošen pregled testnih zahtev, ki jih mora zatega izpolnjevati, da bi se štela kot ustrezna. Vzorci DINA zateg, ki so bili uporabljeni na mostu prek Ljubljane, so bili uspešno testirani skladno s temi priporočili. Da bi izgotovljene zatege ustrezale zahtevam, so bile lastnosti posameznih komponent jasno specifične na samem začetku, nato pa preverjane med vsemi postopki izdelave.

DINA sidra se dimenzionirajo posebej za vsak posamezen projekt in se ne izbirajo iz niza standardnih dimenzij. To omogoča prilagajanje specifičnim zahtevam projekta, kot npr. glede kakovosti uporabljenega jekla, projektirane maksimalne

## DINA zmes



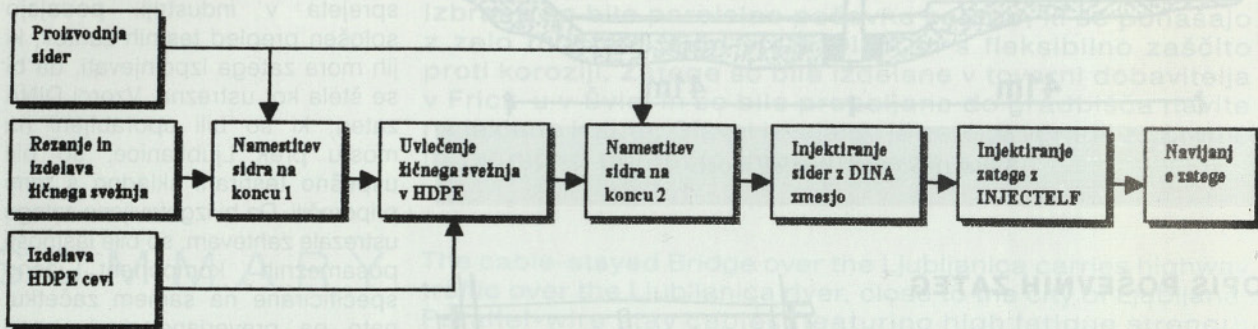
Slika 3: Napenjalno sidro DINA

GRADIS: Proizvodnja in montaža poševnih zateg

delovne obtežbe in morebitnih prostorskih omejitev, ki jih je treba upoštevati. S tem se optimizira teža sider, rezultat pa so prihranki pri stroških materiala in lažja vgraditev.

## IZDELAVA POŠEVNIH ZATEG

Zatege za most preko Ljubljance so bile izdelane v pogojih, ki so bili popolnoma neodvisni od vremenskih vplivov. Faze, potrebne za izdelavo tipične zatege, kot jih ilustrira spodnji diagram (Sl. 4), so naslednje:



Slika 4: Postopki izdelave poševnih zateg

**Izdelava sidrskih komponent** - vse DINA sidrske komponente se izdelujejo v tovarni Stahlton v Fricku skladno z načrti, ki jih za projekt pravi Stahlton.

**Izdelava žičnega svežnja** - žice, potrebne za sestavo žičnega svežnja za zatego, se posamično narežejo na avtomatski rezalni napravi. Rezalna naprava zagotavlja točnost, ki presega tisto, ki jo običajno zahtevajo norme. Pravilno dolžino zateg v nenapetem stanju pri temperaturi 200 °C določi projektant mostu (v tem primeru je bil to GRADIS, Biro za projektiranje Maribor). Ko so vse žice odrezane, se ves sveženj "prečeše", da se zagotovi vzporedna lega žic v svežnju. Nato se na enem koncu svežnja na koncih žic izdelajo zaključne glave in namesti sidro.

posamezne žice svežnja medsebojno ločene, da se zagotovi zapolnitev prostorov med posameznimi žicami. Zatem se na zatego pritrdi drugo sidro.

**Injektiranje sider z DINA zmesjo** - Posebnost DINA sidra je zapolnitev sidrske cone z epoksidno zmesjo. Sidro se obesijo vertikalno in vanj se načrpa dvokomponentna epoksidna zmes, ki je takoj po mešanju zelo viskozna. Zmes se nato neguje v skrbno kontroliranih pogojih.

**Polnjenje HDPE cevi s protikorozijsko zmesjo** - Ko je DINA zmes v sidrih vezala in se ohladila, se zatega položi na vozičke na tleh tovarne. V zatego se pri temperaturi prek 1000 °C načrpa protikorozijska zmes Injectelf CP HPF, ki ima tališče pri približno 800

°C. Ko se zmes ohladi, se preko vstopnih in izstopnih odprtin privarirajo HDPE kape, ki zatesnijo zatego.

Ker je treba med navijanjem in odvijanjem zateg omogočiti določeno stopnjo rotacije in bočnega pomika HDPE cevi, se stiki med cevjo zatege in "teleskopskimi cevmi", ki štrlijo iz sider, v tovarni zatesnijo le začasno. Ti stiki se trajno zatesnijo šele na gradbišču pred vgradnjo.

**Navijanje, pakiranje in transport poševnih zateg** - Kompletно izdelane poševne zatege se za dostavo na gradbišče navijejo na jeklene kolute (z izjemo najkrajših zateg, ki se dostavijo ravne). Kovinski pokrovi in obložena embalaža ščitijo sidra in zatege pred poškodbami med transportom.

## NADZIRANJE KAKOVOSTI

DINA poševne zatege se izdelujejo skladno s sistemom za nadziranje kakovosti, ki ima certifikat ISO 9002. Kakovost posameznih sestavnih delov poševne zatege kakor tudi v celoti izgotovljenega končnega izdelka se nadzira in preverja na vseh stopnjah izdelave. Odgovornost za nadzor kakovosti prevzema bodisi dobavitelj sestavnih

delov ali pa Stahlton in je vedno podprta s certifikati ali poročili. Med izdelavo zateg za most prek Ljubljance je dodatni naključni nadzor kakovosti izvršil Zavod za gradbeništvo Slovenije (ZAG), in to tako v Stahltonovi tovarni v Švici kot tudi v ZAG-ovih prostorih v Ljubljani. ZAG je tudi pregledal in odobril sistem za nadziranje kakovosti.

## VGRADNJA POŠEVNIH ZATEG

Do časa, ko so bile tovarniško izdelane DINA zatege dobavljene na gradbišče, je bil velik del naporov, potrebnih za zagotovitev kakovosti končnega izdelka, že izvršen, seveda pa je zatege še vedno treba vgraditi in napeti, preden lahko služijo svojemu namenu.

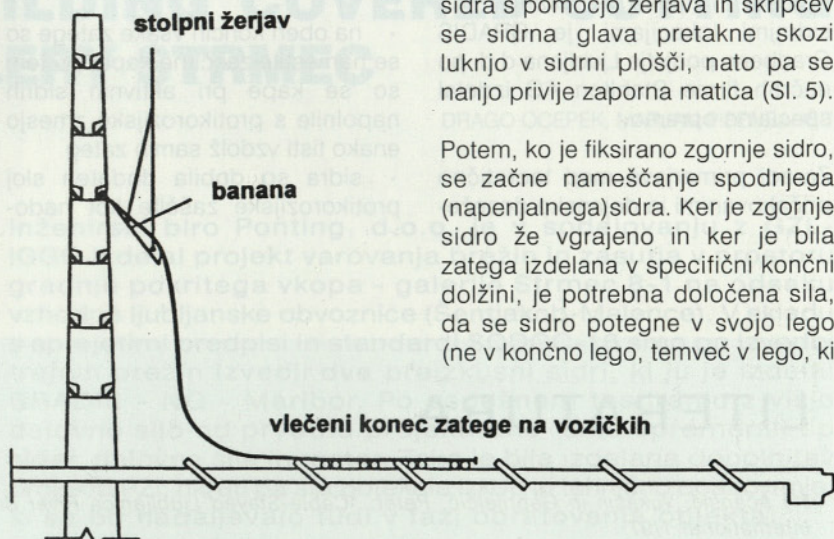
V Ljubljani je DINA zatege vgradil GRADIS Gradbeno podjetje Ljubljana d.d. s tehnično asistenco in opremo, ki jo je dobavil Stahlton. Glavni koraki, potrebni za vgradnjo, so naslednji.

**Odvijanje zateg** - Prvi korak pri pripravi zateg za vgradnjo je odvijanje zateg z jeklenih kolotov, na katerih so bile dostavljene. Kolot se namesti v odvijalno pripravo, ki je postavljena na mostnem krovu in jo trdno držijo na mestu jekleni trakovi, pritrjeni na zunanje robove koluta. Jekleni trakovi so pripeti na hidravlične jarme in se uporabljajo kot zavore, da se zatege lahko odvijajo kontrolirano. Zatege za most preko Ljubljance so bile navite v parih in sta se lahko tudi odvijali po dve naenkrat. Ko se zunanja sidra sprostijo s pritrditev na kolutu, se zatege potegnejo s koluta in pritrdijo na vozičke.

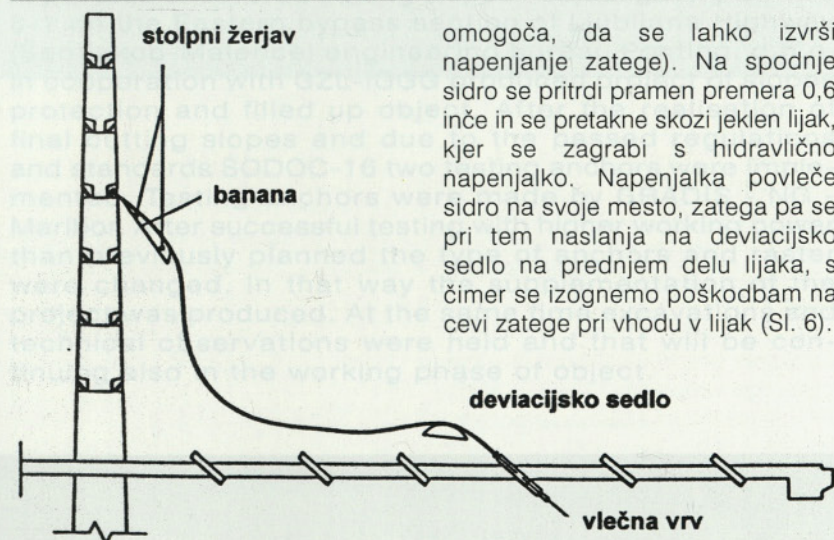
**Elektroobločno varjenje teleskopskih priključkov** - Kot je bilo že omenjeno, se stiki med cevjo zatege in "teleskopskimi cevmi" v tovarni provizorično zatesnijo. Kakor hitro so zatege odvite, se vsak stik trajno zatesni tako, da se skozi elektro-varilni trak, ki je vstavljen v prostoru med cevjo zatege in

teleskopsko cevjo, spusti določen tok, ki obe cevi zvari tako, da je med njima močan, za vodo neprepusten prehod. Zaradi dodatne zaščite se električno zavarjeni stiki še dodatno zatesnijo s toplotno-stezni objemkami.

**Vgradnja poševnih zateg** - V naslednjem je podan opis vgradnje daljše poševne zatege. Vgradnja krajših zateg je v principu podobna, vendar se v nekaterih primerih lahko uporabi lažja oprema.



Slika 5: Vgradnja sidra pri pilonu



Slika 6: Vgrajena sidra pri krovu

Medtem ko zatega leži na vozičkih na mostnem krovu, se bliže pilonu ležeči konec zatege pritrdi na tako imenovano banana. Na na krovu ležečem koncu zatege se na sidrno glavo privije napenjalna objemka. Banana zagotavlja, da se radius ukrivljenja cevi zatege ne more zmanjšati pod neki določeni minimum, s čimer se izognemo poškodovanju HDPE cevi. Banana, ki nosi gornji konec poševne zatege, se dvigne vse do sidrne plošče na pilonu. S premikanjem sidra s pomočjo žerjava in škripcev se sidrna glava pretakne skozi luknjo v sidrni plošči, nato pa se nanjo privije zaporna matica (Sl. 5).

Potem, ko je fiksirano zgornje sidro, se začne nameščanje spodnjega (napenjalnega) sidra. Ker je zgornje sidro že vgrajeno in ker je bila zatega izdelana v specifični končni dolžini, je potrebna določena sila, da se sidro potegne v svojo lego (ne v končno lego, temveč v lego, ki

omogoča, da se lahko izvrši napenjanje zatege). Na spodnje sidro se pritrdi pramen premera 0,6 inče in se pretakne skozi jeklen lijak, kjer se zagrabi s hidravlično napenjalno. Napenjalna povleče sidro na svoje mesto, zatega pa se pri tem naslanja na deviacijsko sedlo na prednjem delu lijaka, s čimer se izognemo poškodbam na cevi zatege pri vhodu v lijak (Sl. 6).

## GRADIS: Proizvodnja in montaža poševnih zateg

Kakor hitro je sidro učvrščeno, se napenjalna naprava odstrani s sidrne plošče.

**Napenjanje poševnih zateg** - Napenjanje poševnih zateg se je izvršilo skladno s programom napenjanja, ki ga je določil GRADIS - Biro za projektiranje Maribor. Zatege so se napenjale pri spodnjih sidrih v skupinah po šest (tri z vsake strani pilona) tako, da sta se vsakič istočasno napenjali dve zategi. Da bi se olajšalo ravnanje z napenjalno opremo in njeno premikanje med sidrnimi lokacijami, je GRADIS Gradbeno podjetje Ljubljana d.d. po načrtih firme Stahlton AG izdelal specialno opremo.

Zaradi primerjave med teoretično pričakovanimi in dejansko doseže-

nimi vrednostmi se je med izvajanjem programa napenjanja spremljala in kontrolirala kota betonskega krova ter sila v šestih zategah, opremljenih z dinamometri. Rezultati so bili zadosti zadovoljivi, tako da reguliranje sil v zategah po zaključku programa napenjanja ni bilo potrebno.

**Zaključna dela** - Po dovršitvi vgradnje in napenjanja je GRADIS Gradbeno podjetje Ljubljana d.d. izvedel naslednja zaključna dela:

- na obeh koncih vsake zatege so se namestile zaščitne kape, pri tem so se kape pri aktivnih sidrih napolnile s protikorozijsko zmesjo enako tisti vzdolž samih zateg.
- sidra so dobila dodaten sloj protikorozijske zaščite kot nado-

mestilo za kakršnokoli rahlo poškodbo, do katere je morda prišlo med vgradnjo.

- na koncih jeklenih lijakov so se na zatege montirali blažilni obroči in neoprenski prehodni konusi.

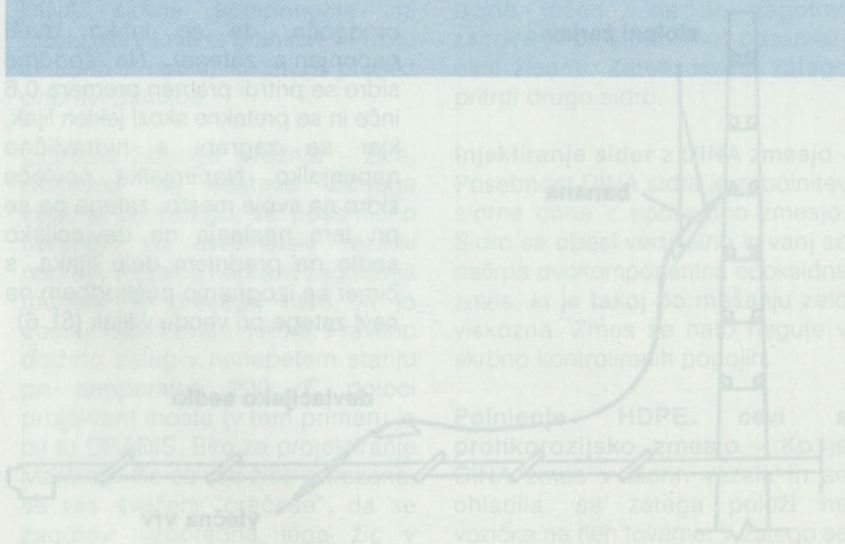
**SKLEP**

Zaradi dobrega sodelovanja med vsemi udeleženi stranmi pri gradnji je bilo ob tem, da so vsi imeli pred očmi jasno zastavljen cilj, možno zgraditi most vreden visokih standardov, ki jih je upravičeno zahteval investitor.

## LITERATURA

(1) Ačanski, Vukašin in Gabrijelčič, Peter: "Cable-Stayed Ljubljana River Bridge, Slovenia", *Structural Engineering International* 1/97

(2) Post-Tensioning Institute Committee on Cable-Stayed Bridges "Recommendations for Stay Cable Design, Testing and Installation", 1993.



# IZVEDBA IZKOPA IN VZPOSTAVITEV TEHNIČNEGA OPAZOVANJA V PROSTORU GRADNJE POKRITEGA VKOPA - GALERIJE STRMEC

## CONSTRUCTION WITH MONITORING IN SPACE OF BUILDING COVERED CUTTING SLOPES - GALLERY STRMEC

UDK 624.137

DRAGO OCEPEK, MARJAN PIPENBAHER

### POVZETEK

Inženirski biro Ponting, d.o.o. je v sodelovanju z GZL-IGGG izdelal projekt varovanja brežin in zasutja v prostoru gradnje pokritega vkopa - galerije Strmec 8-1 na odseku vzhodne ljubljanske obvoznice (Šentjakob-Malence). V skladu s sprejetimi predpisi in standardi SODOC-16 smo po izvedbi trajnih brežin izvedli dve preizkusni sidri, ki ju je izdelal GRADIS - NG - Maribor. Po uspešnem testiranju z višjo delovno silo od prvotno projektirane smo spremenili tip sider, delovne sile in raster. Tako je bila izdelana dopolnitev projekta PZI, hkrati pa sta potekala izkop in tehnično opazovanje, ki se bo nadaljevalo tudi v fazi obratovanja objekta.

### SUMMARY

In the area of covered cutting slopes - object gallery Strmec 8-1 on the Eastern bypass section of Ljubljana Highway (Šentjakob-Malence) engineering bureau Ponting, d.o.o. in cooperation with GZL-IGGG produced project of slopes protection and filled up object. After the realisation of final cutting slopes and due to the passed regulations and standards SODOC-16 two testing anchors were implemented. Testing anchors were made by GRADIS - NG - Maribor. After successful testing with higher working power than previously planned the type of anchors and raster were changed. In that way the supplementation of the project was produced. At the same time excavations and technical observations were held and that will be continuing also in the working phase of object.

#### Avtorja:

Drago OCEPEK, dipl. inž. geol., GZL - GEOINŽENIRING, Dimičeva 14, Ljubljana  
Marjan PIPENBAHER, dipl. inž. gr., INŽENIRSKI BIRO PONTING d.o.o., Maribor

D. OCEPEK, M. PIPENBAHER: Izvedba izkopa galerije Strmec

## 1.0 UVOD

V okviru osnovnih geološko-geotehničnih raziskav je bilo v prostoru gradnje pokritega vkopa galerije Strmec (8-1) na VAC izvedenih 13 sondažnih vrtin (GI-ZRMK). Raziskave so pokazale, da je obravnavano področje zgrajeno iz treh trdnostno in deformacijsko različnih plasti. Prostorska lega plasti in razpok v hribinski masi tedaj ni bila detajlno ugotovljena, prav tako tudi niso bile izvedene ustrezne laboratorijske preiskave ter stabilnostne analize. Seveda je to razumljivo, saj tehnologija vrtnanja na suho v hribinah ne daje bistvenih informacij o stanju hribine, obenem pa ni mogoč odvzem vzorcev za laboratorijske preiskave.

GZL-IGGG je v okviru raziskav za PGD-PZI izvedel dodatno detajlno inženirsko geološko kartiranje in tako na podlagi strukturnih elementov in stanja hribine dopolnil inženirsko geološko karto obravnavanega področja. Na novo smo ob upoštevanju prostorske lege hribine v podlagi izdelali tudi vse prečne profile ter celoten prostor bodočih trajnih in začasnih brežine grafično stabilnostno obdelali z Marklandovimi testi na Schmidtovih diagramih. S povratnimi parametričnimi stabilnostnimi analizami po Hoek & Brayu smo ovrednotili trdnostne parametre preperete in kompaktne hribine. Varnost pred porušitvijo smo preverili na trajnih brežinah v prepereli hribini po Bishopovi metodi, v kompaktni hribini pa po metodi Hoeka & Braya. Stabilnost izkopa je bila preverjena tudi z metodo končnih diferenc za izbrani elastoplastični računski model. Tako izdelan PGD-PZI varovanja brežin v prostoru gradnje pokritega vkopa (GZL-IGGG-1995) je bil sestavni del PGD-PZI za objekt Strmec 8-1 na VAC (odsek Šentjakob-Malence), ki ga je izdelal Inženirski biro Ponting d.o.o. iz Maribora. Ob izvedbi izkopa brežin je bil izdelan tudi PZI varovanja izkopa glede na ugotovljene dejanske razmere, hkrati pa na

podlagi posebnega projekta vzpostavljeno tehnično opazovanje (monitoring).

## 2.0 TRAJNE BREŽINE

### 2.1 Projektiranje stabilnega naklona

Brežine v prepereli hribini (C/P) (preperel peščenjak s polami meljevca in ponekod preperel skrilav glinovec s polami meljevca) v predvidenem naklonu 1:1,5 do 4:5 in v deluvijalnem preperinskem sloju  $Q_{del}$  v naklonu 1:1,5 smo preverjali s stabilnostnimi analizami po Bishopovi metodi s krožnimi drsinami.

V prepereli hribini (C/P) smo uporabili strižne karakteristike, ugotovljene s konsolidirano nedrenirano strižno preiskavo, korigirano s povratno metodo za zdrs po razmočenih predelih preperete hribine (hribinske stabilnostne analize - povratna metoda). Za preperinski sloj  $Q_{del}$  smo uporabili strižne karakteristike materiala, ki jih predlaga dr. Bojan Majes v svojem pregledu elaborata (ZRMK) na

podlagi bilinearne strižne krivulje.

$Q_{del}$  - preperinski sloj:  
 $\varphi=25^\circ$ ,  $c=0$  kPa (iz diagrama  $t/s$ )

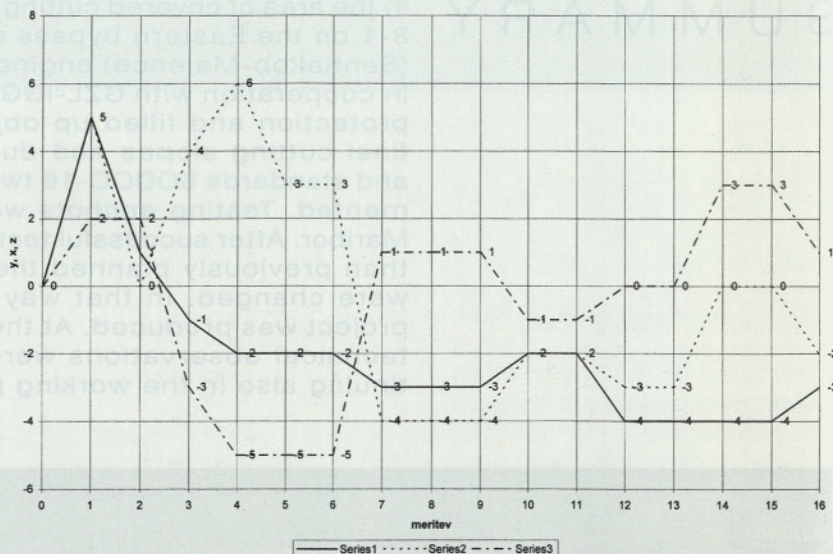
(C/P) - preperela hribina:  
 $\varphi=30^\circ$ ,  $c=20$  kPa (povratna metoda)

Stabilnostne analize so pokazale, da so vse drsine v območju preperete hribine (C/P) v naklonu 1:1,5 in 4:5, urejene z bermami stabilne ( $F_{min}=1,351$ ). V preperinskem sloju  $Q_{del}$  pa so brežine v naklonu 1:1,5 prestrme ( $F_{min}=0,783$ ), zato smo naklone brežin ublažili na 1:2, ki pa morajo biti izvedene z zaokrožitvijo in zavarovane s protierozijsko zaščito.

### 2.2 Izvedba izkopa

Ob izvedbi trajnih in začasnih brežine (GRADIS -GP-Ljubljana), ki je potekala ob konstantnem projektantskem nadzoru (GZL-Geoinženiring), je bilo celotno področje ponovno detajlno inženirsko geološko kartirano, pri čemer je bila prostorska lega, struktura in litološka zgradba dokončno detajlno

TOČKA 882



Slika 1: Časovni diagram reperne točke št.: 882 na II. bemi



ugotovljena in potrjena, kot je bila podana v projektu varovanja brežine. Takoj po izkopu je bila na trajne brežine vsajena ustrezno izbrana vegetacija, ki se je v pomladnem obdobju 1997 hitro prijala in razrasla. Obenem so bile prek berm izvedene kanalete iz kamna v betonu z začasno odvedenimi iztoki.

Pri izvedbi izkopa trajnih brežin v naklonih zgoraj  $n=1:2$  s prehodom v  $n=1:1,5$  in po bermi v naklon  $n=4:5$ , smo ugotovili, da je zgornji del brežin v deluvijalnem preperinskem sloju ( $Q_{del}$ ), spodnji pa je v celoti izveden v prepereli hribini. Zato so trajne brežine stabilne, kar kažejo tudi meritve opazovalnih točk.

### 2.3 Vzpostavitev tehničnega opazovanja

Med izvedbo trajnih brežin je bilo vzpostavljeno tudi tehnično opazovanje v skladu s projektom monitoringa. Opazovalni sistem sestavljata dve izhodiščni-bazni točki in 31 opazovalnih točk na trajnih ter robu začasne brežine, kjer so bili vgrajeni štirje inklinometri-piezometri.

## 3.0 ZAČASNA BREŽINA

### 3.1 Projektiranje opornih ukrepov

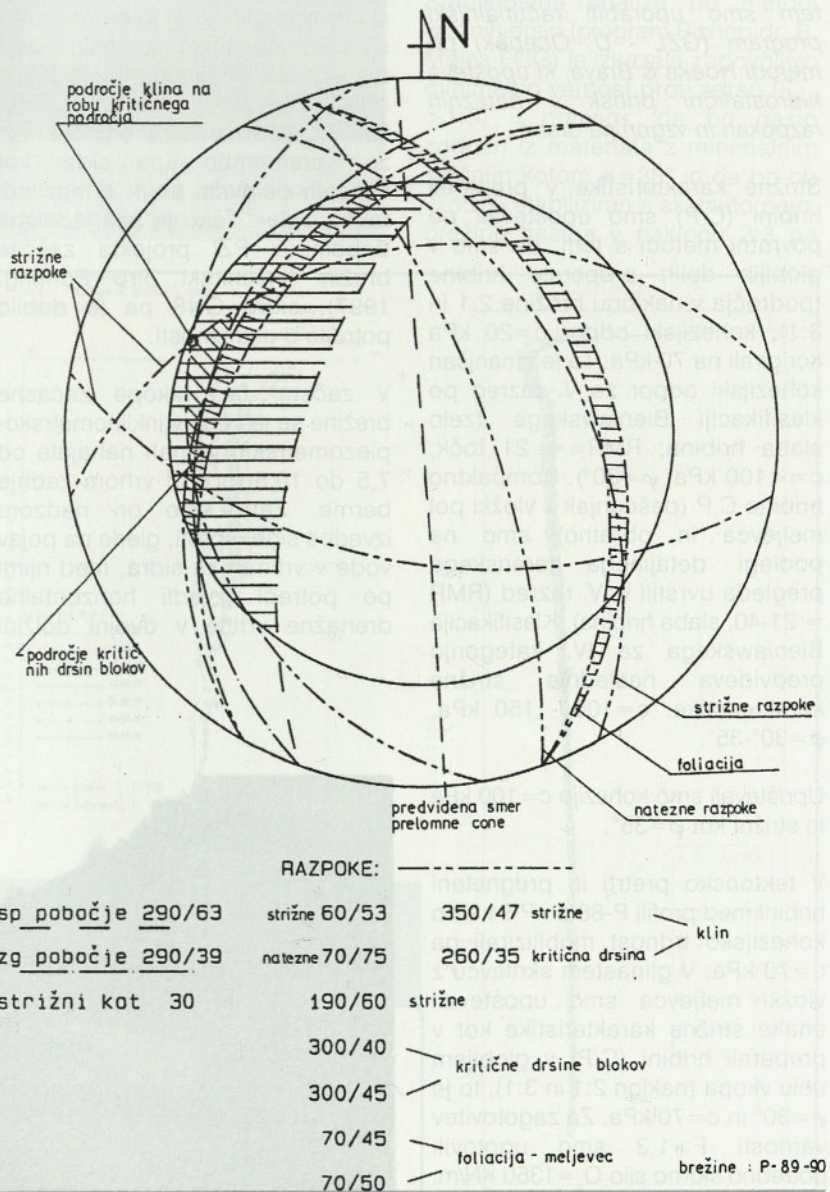
Vpade plasti in razpok, ki smo jih sistematsko izmerili na edinih golicah ožjega območja predvidenega vkopa Strmec, smo prikazali z meridijani na Schmidtovih diagramih, za brežine profilov vkopa v predvidenih naklonih brežin. Schmidtovi diagrami s prikazom kritičnega področja možnih zdrsov hribinskih blokov in klinov med naklonom brežin in strižnim kotom so narejeni s posebnim računalniškim programom (GZL - mag. J. Hafner).

Na Schmidtovih diagramih smo

prikazali prognozno kritična področja drsin blokov in klinov, foliacijo meljevcev, delno nagubano plastovitost peščenjaka ter lege strižnih in nateznih razpok. Meridijani na diagramih tako prikazujejo prognozno lego strukturnih elementov hribine, izmerjenih na terenu. Tako smo ugotovili prognozno lego foliacije skrilavega meljevca in vpad delno nagubanih plasti peščenjaka, ki se ob NE bloku predvidene

prelomne cone, širine ca. 40 m, postopno ublaži s  $75^\circ$  do  $50^\circ$  proti N do NE v pobočje notranje brežine vkopa.

Na Schmidtovem diagramu so prikazani vpadi plasti delno nagubanih peščenjakov ter natezne in strižne razpoke. Kritične prognozne drsine ploskev v naklonu  $<40^\circ$  so praktično zunaj projektiranega naklona 4:5 v prepereli



Slika 2: Schmidtov diagram strukturnih elementov hribine med P-84-88

D. OCEPEK, M. PIPENBAHER: Izvedba izkopa galerije Strmec

hribini trajnih brežin. Prognozne kritične drsine pa so v kritičnem področju v projektiranem naklonu začasne brežine vkopa 3:1 v neprepereli, bolj kompaktni hribini.

Varovanje brežine izkopa v naklonu 2:1 v delno prepereli hribini (C/P) in v naklonu 3:1 v kompaktni hribini smo predvideli s sidranjem. Sidrne sile smo projektirali za kritične drsine blokov  $\gamma_p$  v naklonu  $40^\circ$  do  $45^\circ$ , ki smo jih ugotovili s pomočjo grafične stabilnostne obdelave. Pri tem smo uporabili računalniški program (GZL - D. Ocepek) po metodi Hoeka & Braya, ki upošteva hidrostatski pritisk v nateznih razpokah in vzgon na drsini.

Strižne karakteristike v prepereli hribini (C/P) smo upoštevali po povratni metodi s tem, da smo v globljih delih preperele hribine (področja v naklonu brežine 2:1 in 3:1), kohezijski odpor  $c=20$  kPa korigirali na 70 kPa. To je zmanjšal kohezijski odpor za V. razred po klasifikaciji Bieniawskega (zelo slaba hribina;  $RMR=<21$  točk;  $c=<100$  kPa,  $\varphi=30^\circ$ ). Kompaktno hribino C,P (peščenjak z vložki pol meljevca in obratno) smo na podlagi detajlnega terenskega pregleda uvrstili v IV. razred ( $RMR=21-40$ ; slaba hribina). Klasifikacija Bieniawskega za IV. kategorijo predvideva naslednje strižne karakteristike:  $c=100-150$  kPa,  $\varphi=30^\circ-35^\circ$ .

Upoštevali smo kohezijo  $c=100$  kPa in strižni kot  $\varphi=35^\circ$ .

V tektonsko pretrti in pregneteni hribini med profili P-88 do P-91 smo kohezijsko trdnost mobilizirali na  $c=70$  kPa. V glinastem skrilavcu z vložki meljevca smo upoštevali enake strižne karakteristike kot v prepereli hribini (C/P) v globljem delu vkopa (naklon 2:1 in 3:1), to je  $\varphi=30^\circ$  in  $c=70$  kPa. Za zagotovitev varnosti  $F>1,3$  smo ugotovili potrebno sidrno silo  $Q_s=1350$  KN/m.

### 3.2 Izvedba izkopa s trajnim varovanjem pred hribinskimi pritiski

Izkop začasne brežine je potekal v štirih fazah od zgoraj navzdol. V vsaki fazi se je najprej izvajal tanjši obložni zid in takoj vrtanje za sidra skozi vgrajene tulce. Že po I. fazi izkopa smo v skladu s sprejetimi predpisi in standardi SODOC-16 izvedli v dveh različnih tipih hribin (peščenjak s polami skrilavega meljevca in meljevec s polami skrilavega glinovca) dve preizkusni sidri. Po uspešnem testiranju z višjo delovno silo od prvotno projektirane (PGD, PZI varovanja brežin - GZL-IGGG, 1995), smo se odločili tako za spremembo tipa sider kot njihovih delovnih sil in s tem tudi rastra sider. Tako je bila izdelana dopolnitev PZI projekta zaščite brežin (Inženirski biro Ponting, 1997), sidro GNS pa je dobilo potrdilo o ustreznosti.

V začetni fazi izkopa začasne brežine se je voda v inklinometriško-piezometriških vrtinah nahajala od 7,5 do 10,5 m pod vrhom zadnje berme. Zato smo pri nadzoru izvedbe sider sproti, glede na pojav vode v vrtinah za sidra, med njimi po potrebi izvedli horizontalne drenažne vrtine v dvojni dolžini

sider. Dreniranje hribine je znatno pripomoglo k boljši vezavi injekcijske mase s hribino in veznimi deli sider ter k stabilnosti celotnega pobočja Strmec.

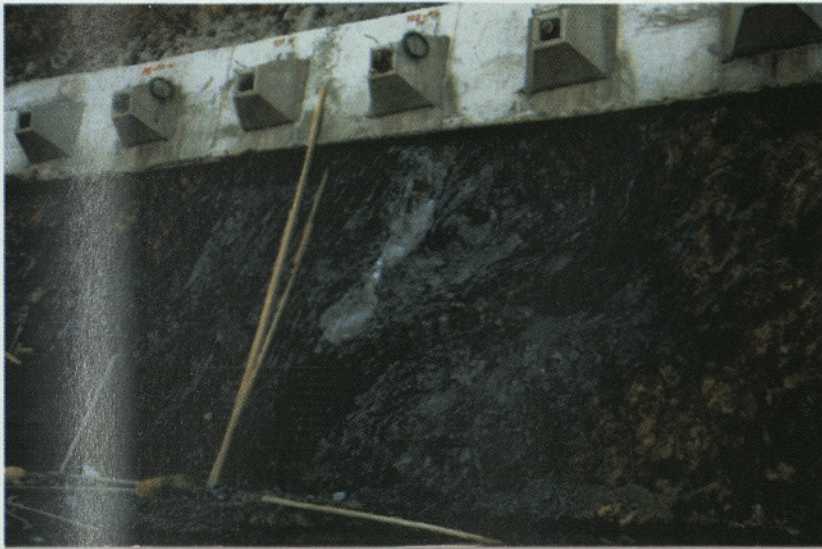
Prelomna cona v smeri NW-SE širine ca. 40 m, ugotovljena pri detajlnem inženirsko-geološkem kartiranju je bila ob izkopu potrjena. Ugotovili smo, da se nahaja razpoklinska cona zunanje prelomne cone ca. 15 m z obeh strani notranje prelomne cone, v kateri je hribina tektonsko pregnetena, pretrta in nagubana v širini do ca. 10 m. V notranji prelomni coni se je ob nagubanih skrilavih glinovcih pri izkopu pokazala konglomeratna krogla premera ca. 2 m. Kot posebna značilnost je bila shranjena v prirodoslovni muzej.

Izkop je tako potekal v štirih horizontalnih etažah, k naslednji nižji se je pristopilo cca do 50 m izza že vgrajenih in napetih sider.

Hkrati z vrtanjem za sidra, je GZL-Geoprojekt d.d. v skladu s projektom pripravljala pilote, potrebne za temeljenje začetnega in končnega dela galerije. Pilote smo pri nadzoru podaljšali le v prelomni coni, in sicer do globine 17 m.



Slika 3: Vrtanje skozi obložno steno na I. etaži izkopa (GZL-Geoprojekt)



Slika 4: Prelomna cona, potrjena ob izkopu in sidranju začasne brežine, zaradi njene neprepustnosti se je voda iz obrobnih peščenjakov izcejala pod pritiskom

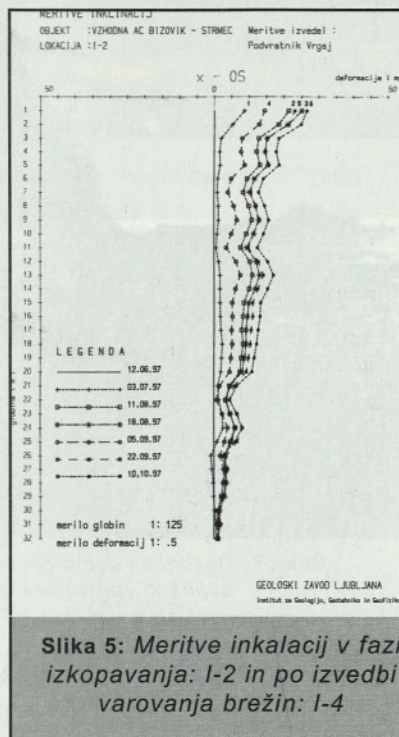
### 3.3 Vzpostavitev tehničnega opazovanja ob začasni brežini

V skladu s projektom tehničnega opazovanja so se izvajale meritve v štirih inklinometrih-piezometrih ob robu začasne brežine. Pod izbrana sidra je bilo vstavljenih 11 merskih prizem, 14 sider pa je opremljenih z električnimi merilci, ki bodo rabili tudi za meritve v fazi obratovanja objekta. Pri napenjanju sider sta se dva električna merilca poškodovala, tako da sedaj deluje 12 merskih sider.

Velikost registriranih pomikov v inklinometrih po izkopu vsake etaže je bila v skladu z ugotovljenimi deformacijami, napovedanimi z matematičnim modeliranjem v fazi projektiranja (do 1,75 cm).

Po izvedbi injektiranja in napenjanja sider pa so se deformacije umirile. Tako so vse meritve inklinacij reda velikosti natančnosti meritev.

Po končanem izkopu in varovanju začasne brežine je kljub večkratnemu intenzivnemu deževju nivo vode v inklinometrih-piezometrih upadel od cca 16 do 20 m pod nivo zadnje berme.



Slika 5: Meritve inkalacij v fazi izkopavanja: I-2 in po izvedbi varovanja brežin: I-4

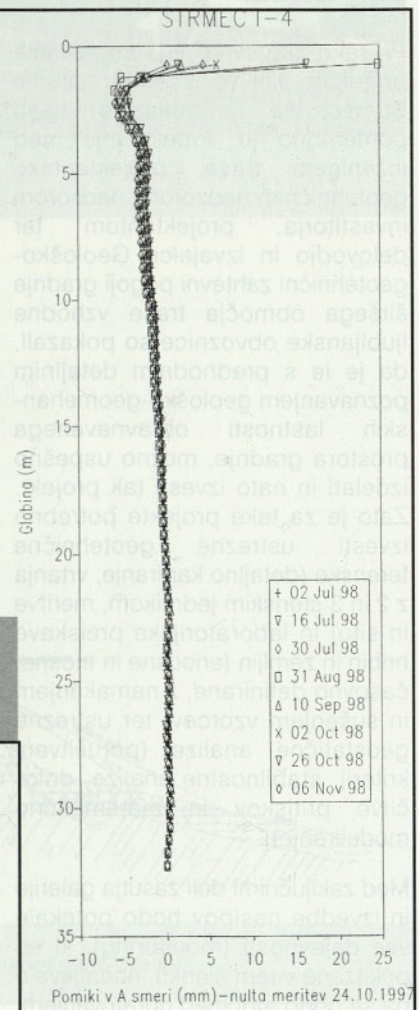
Meritve izolacije sidrnih glav (meritev II. v skladu s SODOC-16, izvajal ZAG) so pokazale slabše rezultate na I. etaži sider in posamezne slabše rezultate na nekaterih drugih predelih. Seveda so te meritve, kot je to tudi navedeno v standardih SIA-V-191,

odvisne tudi od zračne vlage in jih je potrebno večkrat ponoviti, kar pa se zaradi hitrosti gradnje ni zgodilo.

Meritve pomikov na sidrih s ciljnimi prizmami so pokazale minimalen odklon reda velikosti natančnosti meritev.

### 4.0 IZVEDBA NASIPA IN ZASIPAVANJA OBJEKTA

Stabilnostna analiza po metodi krožnih drsin (program Bishop dr. B. Majes FGG) je izkazala zadovoljivo minimalno varnost proti zdrsu ( $F_{\min} > 1.3$ ) v primeru, da bo nasip zgrajen iz materiala z minimalnim strižnim kotom  $\varphi = 38^\circ$  in da bo ob vznožju stabiliziran s skalnato peto, brežine nasipa v naklonu 2:3 pa



## D. OCEPEK, M. PIPENBAHER: Izvedba izkopa galerije Strmec

morajo biti ublažene z 1,5 m široko bermno. Skalne pete smo temeljili v preperelo hribino, tako da bo možno v skladu s podano tehnologijo izvedbe vgraditi deponiran izkopni material.

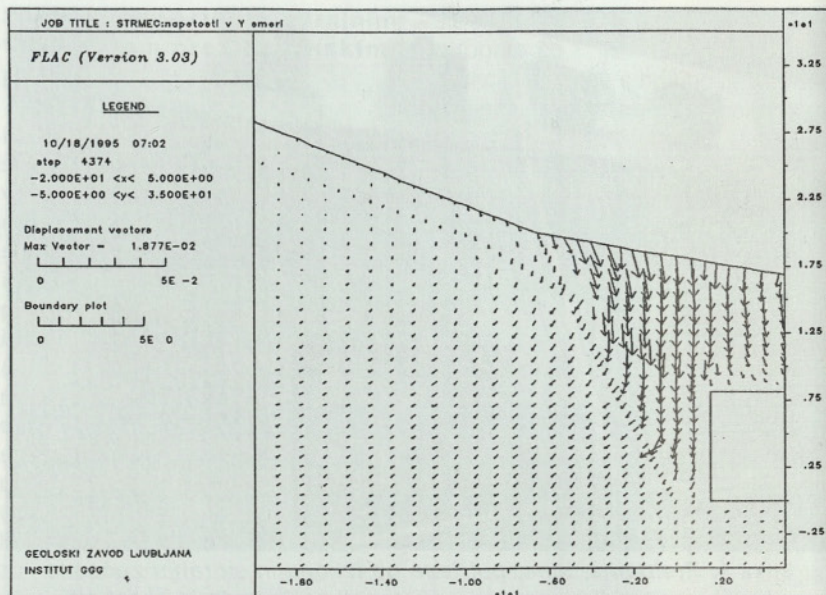
Zasip nad galerijo smo simulirali z matematičnim modelom. Rezultati matematičnega modeliranja so pokazali, da bo zasip ugodno vplival na stabilnost, saj so vektorji deformacij usmerjeni proti notranjosti brežine. Maksimalen pomik naj bi znašal 1,87 cm.

Na nasip in zasip med objektom bo vgrajenih še 16 opazovalnih točk, ki bodo rabile ugotavljanju eventualnih pomikov in usedkov.

## 5.0 SKLEP

Pri tako zahtevnih in kompleksnih projektih, kot je izvedba galerije Strmec, se je pokazalo, kako pomembno je sodelovanje med inženirjem trase, projektantsko geotehničnim nadzorom, nadzorom investitorja, projektantom ter delovodjo in izvajalci. Geološko-geotehnični zahtevni pogoji gradnje širšega območja trase vzhodne ljubljanske obvoznice so pokazali, da je le s predhodnim detajlnim poznavanjem geološko-geomehanskih lastnosti obravnavanega prostora gradnje, možno uspešno izdelati in nato izvesti tak projekt. Zato je za take projekte potrebno izvesti ustrezne geotehnične terenske (detajlno kartiranje, vrtanja z 2 in 3 stenskim jedrnikom, meritve in situ) in laboratorijske preiskave hribin in zemljin (enoosne in triosne, časovno definirane, z namakanjem in sušenjem vzorcev) ter ustrezne geostatične analize (porušitveni kriterij, stabilnostne analize, določitve pritiskov in matematično modeliranje).

Med zaključnimi deli zasutja galerije in izvedbe nasipov bodo potekale vse dejavnosti (monitoring), ki so prikazane v tem članku, nadaljevale pa se bodo tudi med obratovanjem.



Slika 6: Deformacije po izvedbi zasipa



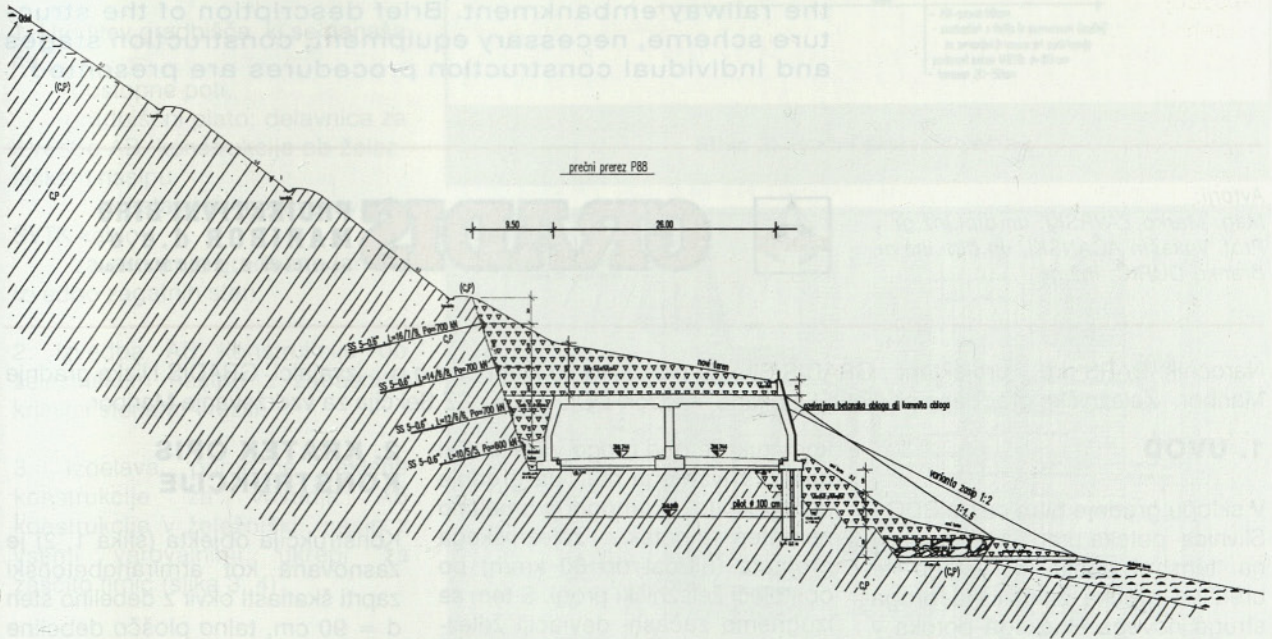
Slika 7: Dokončan delno zasut objekt in začasno odprta brežina, uspešno varovana s sidranimi obložnimi pasovi

## LITERATURA

- Attewell, P.B., The Role of Engineering Geology in the Design of Surface and Underground Structures Comprehensive Rock Engineering Vol. 1 Hudson - Pergomon Press 199; p.: 111-154
- Aydan O., Shimizu V., Rock mass characterization System for Rock slope stability analysis. ISRM SIMPOSIUM: Eurock 92
- Kawamoto T.
- Bandis C.S. Engineering Properties and characterization of Rock Discontinuities, Comprehensive, Rock Engineering Vol1-Hudson-Pergomon Press 1993; p.: 155-813
- Goodman R.E. Felsbau in Strukturierten Gebirge, Gruppe Geotechnik Graz, TU Graz, 1996
- Hafner, J. Uporaba programa Schmidt, IGGG gradivo, 1995
- Hoek, E & Bray J.W. Rock slope engineering 3<sup>rd</sup> Edition. Institute for Mining and Metallurgy, London, 1981.
- Ocepek D. PGD-PZI varovanja brežin v prostoru gradnje pokritega vkopa galerije Strmec 8-1, GZL-IGGG, 1995
- Ocepek D. Stabilnostne analize galerije Strmec 8-1 za izvedeno stanje, GZL-IGGG 1998
- Pipenbaher M. PZI varovanja brežin galerije Strmec 8-1, Mapa 7, Inženirski biro Ponting d.o.o., 1997
- Pipenbaher M. PZI-tehnično opazovanje brežin galerije Strmec 8-1, Inženirski biro Ponting d.o.o., 1997.



Slika 8: Portal galerije STRMEC



Slika 9: Geotehnični profil P-88 (kritični v prelomni coni) končnega stanja

# PROJEKTIRANJE IN IZVEDBA MOSTU HC 4,5-12 POD ZELEZNIŠKO PROGO NA HC BDC - SLIVNICA

## DESIGN AND CONSTRUCTION OF BRIDGE HC 4,5-12 BELOW RAILWAY TRACK ON THE HIGHWAY BDC - SLIVNICA

UDK 624.21 : 625.1

MARKO ZAVRŠKI, VUKAŠIN AČANSKI, BRANKO ĐURIČ

### POVZETEK

V članku je opisano projektiranje in izvajanje mostu HC 4,5-12 pod železniško progo. Pozornost je posvečena opisu postopka gradnje s tehnologijo vrivanja armiranobetonske konstrukcije v železniški nasip. Podan je kratek opis zasnove objekta, opis potrebne opreme za vrivanje, faze in posamezni postopki, ki so bili uporabljeni pri gradnji.

### SUMMARY

Design and construction of the bridge HC 4, 5-12 below the railway track is described in the present article. Attention is paid to the description of the construction procedure, i.e. the pushing of the reinforced concrete structure through the railway embankment. Brief description of the structure scheme, necessary equipment, construction stages and individual construction procedures are presented.

#### Avtorji:

Mag. Marko ZAVRŠKI, un.dipl.inž.gr.  
Prof. Vukašin AČANSKI, un.dipl.inž.gr.  
Branko ĐURIČ, inž.gr.



**GRADIS** PROJEKTIVNI BIRO  
MARIBOR d.o.o.  
Lavričeva 3, 2000 Maribor

Naročnik: DARS d.d., projektant : GRADIS Biro za projektiranje Maribor d.o.o. , izvajalci GRADIS Nizke gradnje Maribor, Železniško gradbeno podjetje Ljubljana, nadzor: DDC d.o.o., SŽ Sekcija za vzdrževanje Maribor.

#### 1. UVOD

V sklopu gradnje hitre ceste BDC - Slivnica poteka ureditev vodotokov na tem območju. V sklopu te ureditve prečka železniška proga strugo novega Hočkega potoka v stacionaži km 588.0 + 100.0. Na tem mestu je bil izveden most z oznako HC 4,5-12. Objekt se je izvedel s postopkom vrivanja

konstrukcije pod progo v železniški nasip. Vrivanje je metoda gradnje konstrukcije, ki omogoča omejeno nemoten potek železniškega prometa (hitrost do 60 km/h) po obstoječi železniški progi. S tem se izognemo začasni deviaciji železniške proge.

#### 2. KRATEK OPIS KONSTRUKCIJE

Konstrukcija objekta (slika 1, 2) je zasnovana kot armiranobetonski zaprti škatlasti okvir z debelino sten  $d = 90$  cm, talno ploščo debeline 90 cm ter zgornjo ploščo debeline 100 - 112 cm. Okvir je v vzdolžni smeri proge dolg 15.8 m, v prečni pa 9.94 m.

Celotna višina kesona znaša 5.83 m. Krila debeline 60 cm in dolžine 6.5 m so postavljena pravokotno na potek železniške proge in obešena na stranske stene konstrukcije. Na zgornji plošči je gramozna greda iz tolčenca, debeline 55-80 cm, na katero so položeni tiri v osnem razmaku 4.0 m (predvidoma 4.2 po remontu proge). Na obeh straneh poteka po celotni dolžini (15.80 m) instalacijska hodniška kineta z robnim vencem, na katerega je pritrjena pocinkana jeklena ograja višine 100 cm. Instalacijski hodnik je pokrit s krovnimi ploščami, ki so položene prosto in odstranljive.

AB stene in talna plošča zaprtega okvirja so izvedene po principu "bele kadi" brez hidroizolacije (beton MB 35), zgornja plošča (beton MB 40) je hidroizolirana in zaščitena z zaščitnim betonom.

## 2. FAZE IZVEDBE OBJEKTA

Postopek gradnje je potekal po naslednjih fazah:

1. Ureditve gradbišča, ki se nanaša na:

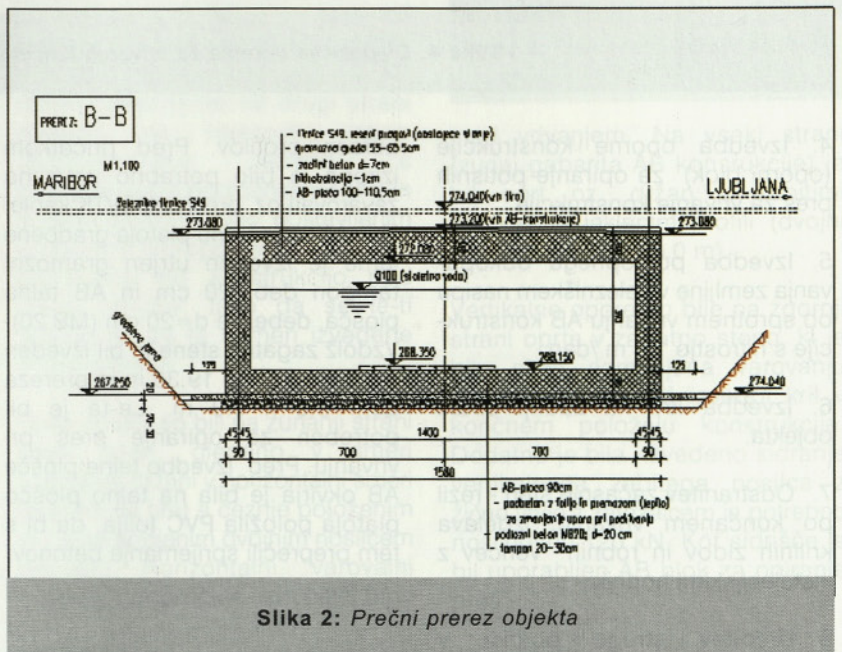
- dostopne poti,
- gradbiščni plato; delavnica za izvedbo AB konstrukcije ob železniškem nasipu
- prestatitev in zavarovanje SVTK kablov,
- zavarovanje gradbene jame z izvedbo zagatnih sten.

2. Izvedba AB konstrukcije ob železniškem nasipu z začasnimi krilnimi stenami - rezili.

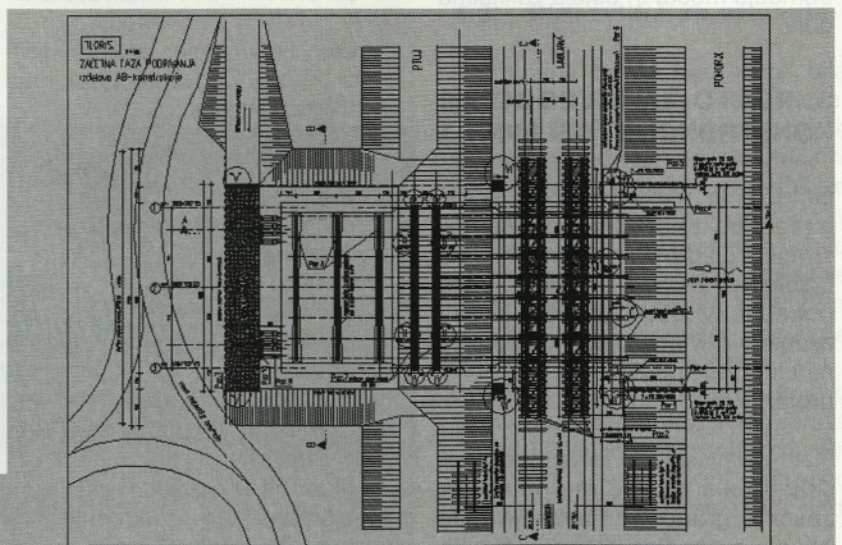
3. Izdelava pomožne jeklene konstrukcije za vrivanje AB konstrukcije v železniški nasip z vsemi varovalnimi ukrepi za zaščito tirnic (slika 3, 4)



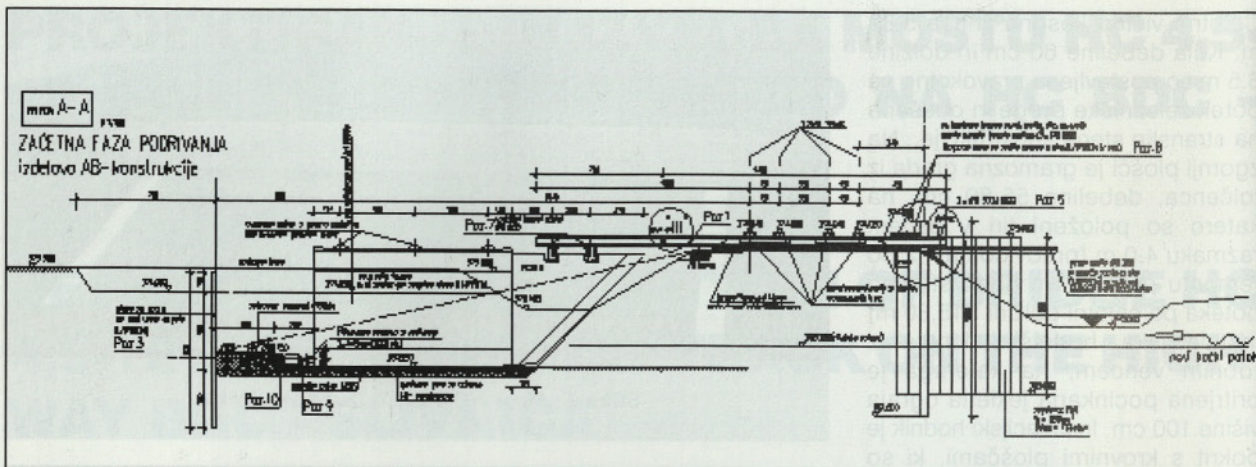
Slika 1: Most HC 4,5-12; izvedeno stanje



Slika 2: Prečni prerez objekta



Slika 3: Dispozicija opreme za vrivanje - tloris



Slika 4: Dispozicija opreme za vrivanje (začetni položaj)

4. Izvedba oporne konstrukcije (oporni blok) za opiranje potisnih preš za vrivanje konstrukcije.
5. Izvedba postopnega odkopavanja zemljine v železniškem nasipu ob sprotnem vrivanju AB konstrukcije s hitrostjo 1,5 m /dan.
6. Izvedba kril na zadnji strani objekta.
7. Odstranitev začasnih sten - rezil po končanem vrivanju, izdelava krillnih zidov in robnih vencev z instalacijskimi hodniki.
8. Ureditev struge potoka v območju mostu in ostala zaključna dela.

### 3. PLATO ZA IZVEDBO AB KONSTRUKCIJE - DELAVNICA

Gradbišni plato-delavnica se je izvedel ob železniški progi na levi strani, gledano v smeri proti Ljubljani. Za ta namen je bilo potrebno v času gradnje izvestičasno deviacijo lokalne ceste, ki na tem mestu poteka ob železniški progi.

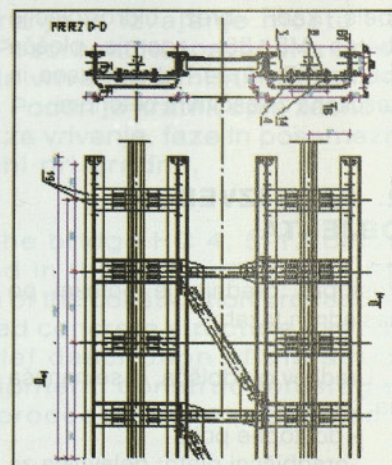
Plato-delavnica ob železniškem nasipu je bila ca. 3.8 m pod cesto. Zaščita gradbene jame je bila izvedla z zagatno steno iz zabutih

Larsen profilov. Pred pričetkom izkopa je bilo potrebno ustrezno zavarovati oz. prestaviti SVTK kable. Na splanirano dno platoja gradbene jame je izveden utrjen gramozni tampon deb. 20 cm in AB talna plošča, debeline  $d=20$  cm (MB 20). Vzдолž zagatne stene je bil izveden AB blok dolžine 19.30 m in prereza dim. 3.0 x 0.9 m. Le-ta je bil potreben za opiranje preš pri vrivanju. Pred izvedbo talne plošče AB okvirja je bila na talno ploščo platoja položila PVC folija, da bi s tem preprečili sprijemanje betonov.

### 4. OPREMA ZA VRIVANJE

Opremo za vrivanje oz. provizorij (slika 4) za varovanje tirov med vrivanjem sestavljajo :

- jeklena konstrukcija malega pomožnega mostu ,
- drsni nosilci, postavljeni pravokotno na tire ,
- vzdolžni jekleni nosilci na rezilih,
- drsni pasovi, t.j. vbetonirani jekleni nosilci na zgornji plošči AB konstrukcij,
- horizontalno varovanje za prevzem obtežb od vrivanja in bočnih sunkov,
- hidravlične potisne preše ,
- elementi za zalaganje za potisnimi prešami..



Slika 5: Jeklena konstrukcija "malega pomožnega mostu"

#### 4.1 Jeklena konstrukcija malega pomožnega mostu

Konstrukcija malega pomožnega mostu (slika 5, 6) je namenjena varovanju tirnic pri začasnem premoščanju proge.

V danem primeru so bili potrebni štirje elementi dolžine 12.0 m. Konstrukcijo enega elementa za en tirni pas sestavljata po dva z diagonalami in prečnimi ojačitvami ( $\perp 90 \times 90 \times 13$  mm) povezana para dvojnih ojačenih UNP200 jeklenih nosilcev. Vzдолžni jekleni nosilci so med seboj povezani s prečkami iz 1/2 IPBv 180 dolžine 720 mm, na





Slika 6: Mali pomožni most, nameščanje drsnih nosilcev

katere je na spodnji strani privarjen ojačitveni pas 14x200 x 1216 mm. Na prečke se pritrdi tirnica (S49) prek tipske podložne plošče. Prečke so nameščene na razmakih  $e=630$  mm. Luknje na prečkah, skozi katere se privijačijo podložne plošče, so ovalne ( $l=100$  mm), tako da je možna pritrditev zakrivljene tirnice. V danem primeru je znašal radij zakrivljenosti tirnice  $R=1790$  (1780 m). Kvaliteta materiala jeklenih elementov je Č.0361.

#### 4.2 Spodnji del konstrukcije provizorija

Konstrukcija malega pomožnega mostu je bila med vrivanjem AB

konstrukcije v železniški nasip podprta z osmimi "drsni nosilci" IPB 500 dolžine 21.0 m (slika 7).

Podlaganje vzdolžnih jeklenih nosilcev "malega pomožnega mostu" se je na mestih naleganja izvedla s podložnim trdnim lesom - klinasto oblikovanimi plohi.

Vsak drsni nosilec sta sestavljala po dva elementa dolžine 7.0+14.0 m. Nosilci so bili postavljeni pravokotno na tere in so bili med vrivanjem nepomični. V začetnem položaju AB konstrukcije v delavnici so bili na eni strani podprti na vzdolžne jeklene nosilce (2 x dvojni nosilci) na AB rezilih (slika 8) ter na drugi strani direktno na železniški nasip (podbetonirano ležišče s podlaganjem s podložnim lesom) in dodatni jekleni nosilec, postavljenim vzporedno s progom. Med vrivanjem potiskamo AB konstrukcijo pod drsne nosilce, tako da se le-ti opirajo na za ta namen izvedene drsne pasove.

Drsni nosilci so bili na zunanji strani (leva stran, gledano v smeri Ljubljane) držani v horizontalni smeri (prečno na tere) s čeznje položenim in z njim spojenim dvojnimi nosilcem IPB 800. Horizontalni "varovalni nosilec" preprečuje izrivanje tirov



Slika 8: Naleganje drsnih nosilcev na jeklene nosilce na rezilih

med vrivanjem. Na vsaki strani (zunaj gabarita AB konstrukcije) je bil oprt oz. držan z zabitimi vertikalnimi jeklenimi profili (dvojni IPB 300, dolžine 10.0 m).

Vertikalne opore so bile na zgornji strani oprte v zagatno steno, ki je bila sicer namenjena varovanju gradbene jame pri izvedbi kril v končnem položaju konstrukcije. Dodatno je bila izvedeno sidranje vertikalnega zabitega nosilca z žično vrvo z zatezalcem in potrebno nosilnostjo 120 kN. Kot sidrišče je bil uporabljen AB blok za opiranje preš.

#### 4.3 Hidravlika za vrivanje

Izračunana torņa sila, ki je bila potrebna za vrivanje konstrukcije, znaša 15000 kN. Vrivanje se je izvedlo z 8 potisnimi prešami kapacitete 2000 kN in hodom 10 cm (slika 9). Po izvedbi premika v celotni dolžini hoda preš so bili med čelom talne plošče AB konstrukcije in prešami nameščeni distančni elementi (krajši elementi - betonske plošče in kasneje jeklene cevi f 323.9/22.2 mm). Opiranje je bilo izvedeno v oporni AB blok (prereza 3.0 x 0.9 m) ob zagatni steni. Pri potiskanju je bilo potrebno zagotoviti usklajenost med hodi posameznih preš.



Slika 7: Drsni nosilci

GRADIS biro za projektiranje Maribor: Most HC 4,5-12

## 5. OPIS POSAMEZNIH DELOVNIH FAZ PRI VRIVANJU

### 5.1 Montaža provizorija

Provizorij za zavarovanje tirov pri vrivanju je bil narejen v naslednjem zaporedju:

1. Postavitev konstrukcije "malega pomožnega mostu":

- postavitev vzdolžnih jeklenih nosilcev pomožnega mostu na pragove ob tirnice,

- vstavljanje prečnih nosilcev v gramozno gredo pod tire ter spajanje z vzdolžnimi nosilci pomožnega mostu,

- fina nastavitev in pritrditev tirnic s podložnimi ploščami na prečke pomožnega mostu,

- izvedba ostalih prečnih in diagonalnih ojačitev .

2. Nameščanje vzdolžnih jeklenih nosilcev IPB 600 na rezila AB konstrukcije in jeklenega nosilca IPB 800 vzdolž proge na nasprotni strani.

3. Nameščanje posameznih drsnih nosilcev:

- izkop "ležiščnega kanala" v gramozni gredi, po potrebi z razmikanjem pragov,

- groba postavitev drsnega nosilca - vleka v kanal pod tire in mali pomožni most,

- dvig nosilca na končno višino s podlaganjem,

- spajanje vzdolžnih nosilcev malega pomožnega mostu z drsnim nosilcem,

- podlaganje s trdim lesom v obliki klina, vijacenje po detajlu,

- podbetoniranje nosilca v območju železniškega nasipa (na koncu, ko so nameščeni vsi drsni nosilci).

4. Izvedba horizontalnega varovanja drsnih nosilcev proti izrivanju in bočnim sunkom:

- izvedba zagatnic na desni strani, gledano v smeri LJ,

- izvedba fiksnih sidrnih mest - zabijanje jeklenih profilov IPB 300, izvedba sidranja z zicnimi vrvmi,

- namestitev jeklenih nosilcev IPB 800 in pritrjevanje na drsne nosilce, spajanje z vertikalnimi zabitimi jeklenimi profili.

### 5.2 Vrivanje konstrukcije

Po izvedbi provizorija za varovanje tirov se lahko prične vrivanje AB konstrukcije v železniški nasip. Le-to predstavlja naslednje operacije:

- izkop na čelni strani, odlaganje izkopskega materiala, odvoz materiala od izkopa, sprotno planiranje - utrjevanje temeljnega dna med rezili,

- potiskanje s hidravličnimi prešami v ciklusih : potisk za hod  $s=10$  cm, vračanje bata preš v zacetni

položaj, zalaganje distancnih elementov za prešami ,

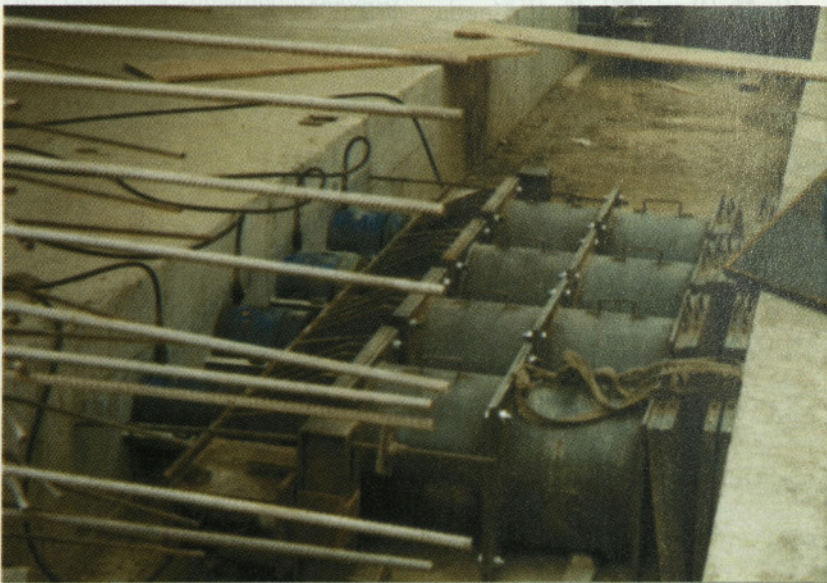
- geodetska kontrola AB konstrukcije in posameznih elementov provizorija med vrivanjem - t.j. kontrola smeri in višin in deformacij,

- korekcije smeri med vrivanjem s pomočjo preš (smerna korekcija), dosipavanje- odkop pod rezili.

## 6. POTREBNE MERITVE, PROGRAM PREIZKUŠANJA

Po zahtevi soglasja Slovenskih železnic je bil projektant dolzan podati program preizkušanja provizorija - statično in dinamično obremenilno preizkušnjo.

Celotni provizorij za varovanje proge pri vrivanju AB konstrukcije v železniški nasip je zacasna konstrukcija, ki jo sestavlja gornji del, t.j. "mali pomožni most", in spodnji del - drsni jekleni nosilci, vzdolžni jekleni nosilci ter horizontalno varovanje, ki skupaj tvorijo med seboj povežano branasto konstrukcijo, ki je za dani primer vrivanja unikatna. Stabilnost



Slika 9: Potisne hidravlične slike

konstrukcije je bila dokazana s staticnim računom, izvajalec pa je dokazal kakovost vgrajenih materialov z veljavnimi atesti ter izvedel vse potrebne kontrole zvarov in natančnosti izvedbe. Po izvedbi provizorija je bil izveden tehnični prevzem v prisotnosti projektanta, nadzora in izvajalca.

Kot tipski element v provizoriju za vrivanje se lahko šteje le zgornja konstrukcija "malega pomožnega mostu", katerega največji možni razpon ( $l=4.0$  m), s katerim premoščamo progo, je omejen z nosilnostjo konstrukcije oz. dopustnimi deformacijami.

Obremenilna preizkušnja (staticna in dinamična) (slika 10) je bila narejena za jekleno konstrukcijo "malega pomožnega mostu" z namenom, da se zanjo pridobi atest.

Z atestom i se lahko konstrukcija uporablja za dela na železnici kot "tipska" z vnaprej predpisanimi pogoji (način podpiranja - dopustni razpon, omejitev hitrosti, ipd.). Obremenilna preizkušnja je bila izvedena na industrijskem tiru na Teznu v Mariboru. Zajemala je meritve deformacij in napetosti v elementih konstrukcije (vzdolžnem nosilcu, prekah, ojacitvah) pri voznji testne lokomotive cez



Slika 10: Obremenilna preizkušnja "malega pomožnega mostu"

konstrukcijo z razponom premoščanja tirov (razpon  $l=4.0$  m) s hitrostmi od 5 do 60 km/h. Rezultati meritev so se dobro ujemale z računskimi.

## 7. SKLEP

V članku je podan primer projektiranja in izvedba manjšega železniškega premostitvenega objekta z zahtevno tehnologijo

izvedbe. Poseg v območje železniških tirov zahteva natančno projektiranje, pripravo na gradnjo in dobro koordinacijo vseh udeležencev gradnje. S tem se izognemo nepredvidljivim zapletom med gradnjo. Končamo lahko z mislijo, da je izvedeni objekt rezultat takšnega sodelovanja, tako da so lahko projektanti, izvajalci, nadzor in ostali udeleženi pri gradnji upravičeno ponosni na izvedeni podvig.

## LITERATURA

Projekt PGD, PZI; št. 3131, datum izdelave april, maj 1998; GRADIS Biro za projektiranje MARIBOR.

# PREMOŠČANJE PO TEHNOLOGIJI NARIVANJA

## PUSHING – OVER TECHNOLOGY

UDK 624.21 : 625.745.1

GRADIS - Nizke gradnje, d.d.

### POVZETEK

V prispevku je opisan način izvedbe prekladne konstrukcije viadukta 6-2/2 Selo na M 10-7, HC Razdrto – Vrtojba po tehnologiji narivanja. Viadukt je sestavljen iz dveh ločenih premostitvenih objektov, tako da se je za vsako smer vožnje izvedel samostojni objekt. Na viaduktu Selo je bil maksimalni takt narivanja dolg 37,5m. Podjetje GRADIS – Nizke gradnje, d.d. pa je lastnik opreme, ki dopušča takte maksimalne dolžine do 50,0m.

### SUMMARY

Pushing – over technology is described in the article about building ways of the super structure; for example the viaduct 6-2/2 "Selo" on M10-7, HC Razdrto – Vrtojba. The viaduct consists two separated prestressed box frame constructions, where each individual object is made for each drive. The maximal tact of pushing on the viadukt "Selo" was 37,50m long. The company Gradis – Nizke gradnje, Joint Stock company, is the owner of all equipment, which allow the maximal tact of 50,0m.

#### 1. Uvod

Podjetje GRADIS – Nizke gradnje, d.d. je v okviru avtocestnega programa angažirano tudi na Primorskem. Na M 10-7, HC Razdrto – Vrtojba poleg petih manjših objektov izvaja tudi viadukt 6-2/2 Selo, kjer je prekladno konstrukcijo gradil po tehnologiji narivanja. Dela na viaduktu so trenutno v fazi finalizacije. Predvidoma bo objekt končan še v tekočem letu.

#### 2. Tehnični podatki o objektu

Dolžina levega objekta	341.28 m
Dolžina desnega objekta	342.72 m
Horizontalni radij osi	2200.00 m
Vertikalni radij	42500.00 m
Širina levega objekta	10.71 m
Širina desnega objekta	10.11 m
Višina škatle	3.00 m
Skupna masa v fazi narivanja s kljunom, notranjim opažem, prečnimi nosilci in koristno obtežbo	6000 t

Avtor:

# GRADIS

Nizke **G** radnje d.d.

## 2.1 Temeljenje

Objekt je temeljen na zdravem flišu, stebri in oporniki so plitvo temeljeni. Opornik v osi 1 (smer Razdrto) je temeljen na koti 118.228, opornik v osi 11 (stran N.Gorica) pa na koti 125.667. Višinska razlika je  $\Delta h = 7.439$  m

## 2.2 Stebri

Prerez stebrov je votel, pravokoten s poševnimi robovi, zunanjih dimenzij 2,20 x 3,50. Debelina stene je 30 cm. Devet stebrov na vsakem objektu je visokih od 7.0 do 17.0 m. Fiksna ležišča so nameščena na stebrih 5, 6 in 7.

## 2.3 Prekladna konstrukcija

Ker leži viadukt v tlorisu v področju prehodnice, odstopa os avtoceste glede na os obeh objektov, ki je v konstantnem radiju 2200 m za  $\pm 25$  cm.

Razponi obeh objektov:

- krajni polji smer Razdrto  
26.0 in 32.50 m
- normalna polja  
6 krat 37.5 m
- krajni polji smer N.Gorica  
32.5 in 26.0 m

Voziščna plošča je brez prečnih prednapetih kablov. V fazi narivanja se je prekladna konstrukcija fazno napela s centričnimi kablji.

## 2.4 Prečniki

Prečniki nad stebri so se izvedli po končanem narivanju posameznega takta, potem ko je bil prestavljen notranji opaž.



Slika 1: Pogled na objekt s "ptičje perspektive"

## 3. Postopek narivanja

### 3.1 Osnovni principi tehnologije narivanja

Pri tehnologiji narivanja se prekladna konstrukcija po etapah – taktih izvede v stalnem opažu – delavnici nameščeni za opornikom objekta in se nato v tedenskih taktih nariva prek predhodno izvedenih stebrov s kapami. Vsaka naslednja etapa se zabetonira ob obstoječo etapo in prednapne s centričnimi kablji. Za parabolične kable, ki so potrebni v končnem stanju konstrukcije, se pustijo kabelske zaščitne cevi s slepimi kablji. Ti se v parabolične kabelske zaščitne cevi uvlečejo, šele ko konstrukcija doseže svoj končni položaj. Na sprednji del prekladne konstrukcije se namesti jeklena konstrukcija kljuna, ki zmanjša obremenitve sprednjega konzolnega dela prekladne konstrukcije. Odstopanja pri izvedbi, zlasti pri drsni progji višinsko in smerno, kot tudi pri ležiščih na opornikih in stebrih smejo znašati  $\pm 1$  mm.

### 3.2 Narivanje pri viaduktu Selo

Prekladna konstrukcija viadukta se

je narivala od zgoraj navzdol (t.j. s smeri Nova Gorica proti Razdrtemu) s vzdolžnim padcem 2,5%. Delavnica je bila nameščena za opornikom 11 (na strani Nova Gorica).

### 3.3 Takt

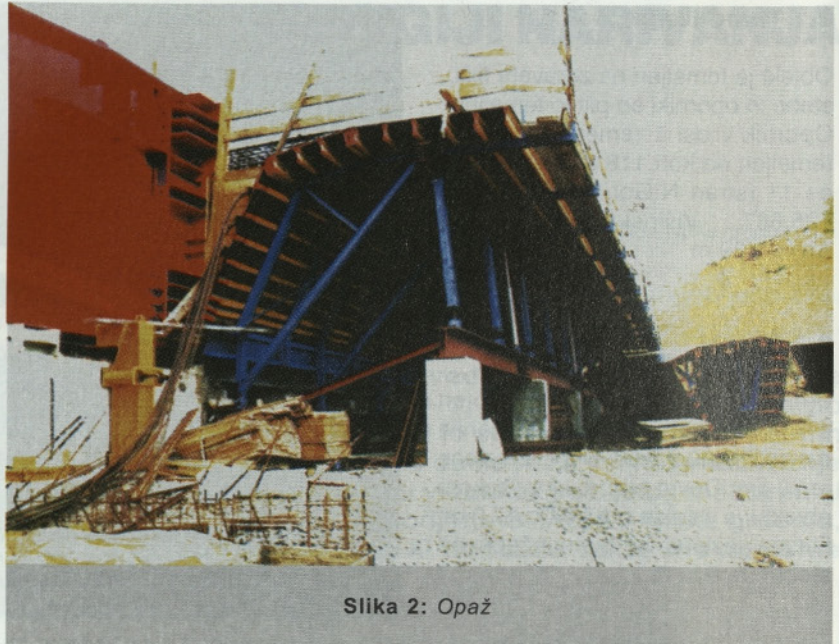
Narivanje desnega objekta viadukta Selo je bilo izvedeno v zimskem časovnem obdobju. Zato je bila povprečna dolžina izvedbe enega takta 12 dni. Prekladna konstrukcija levega objekta je bila izvedena v poletnem obdobju, ko smo uspeli doseči tedenski takt za vse takte razen za prvega in zadnjega, ki sta zaradi specifičnosti izvedbe bolj zahtevna.

Tedenski takt sestavljajo naslednji delovni postopki:

- napenjanje centričnih kablov
- spuščanje spodnjega opaža talne plošče in zunanega opaža
- narivanje
- čiščenje in namestitev opaža za naslednjo etapo.

- armiranje spodnje plošče škatle in stojin z nameščanjem rebrastih cevi in uvlačenjem centričnih kablov
- betoniranje talne plošče in nastavka stojin
- prestavitev in ponovna namestitvev notranjega opaža
- armiranje voziščne plošče z nameščanjem rebrastih cevi in uvlačenjem centričnih kablov
- betoniranje stojin in zgornje plošče škatle
- strjevanje betona .

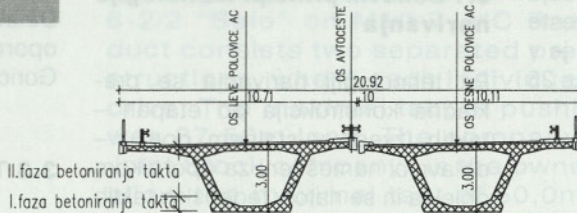
Pred prednapenjanjem in narivanjem mora beton doseči minimalno 30 N/mm<sup>2</sup>.



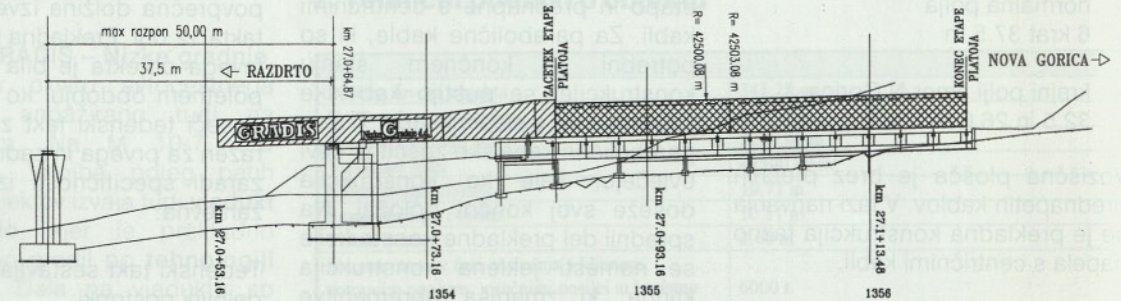
Slika 2: Opaž

Načrt 1: Vzdolžni in prečni

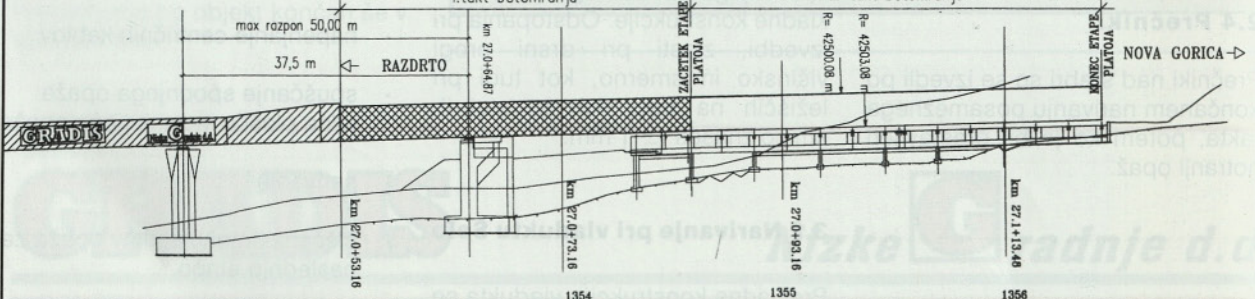
KARAKTERISTIČNI PREČNI PREREZ V POLJU



VZDOLŽNI PREREZ Viadukt 6-2/2- "Selo" - zabetoniran I.takt



VZDOLŽNI PREREZ Viadukt 6-2/2- "Selo" - narinjen I. takt



## 4. OPREMA ZA NARIVANJE

### 4.1 Delavnica (narivna postaja)

Delavnica je bila locirana za opornikom 11 - stran N.Gorica. Temeljena je bila na flišu, da bi se izognili morebitnim posedkom.

Začetek takta betoniranja je bil 20.113 m od osi opornika 11. Dolžina normalnega takta betoniranja je bila 37.5 m in konec takta betoniranja (20.113 + 37.5) na koti 57.613 m od osi opornika 11.

Delavnica je sestavljena iz:

- **drsne proge**, ki je bila dolga 38.70m. Drсна proga je oblikovana glede na radij viadukta, z dopustnim odstopanjem  $\pm 1$  mm.
- **pomičnega zunanjšega opaža**,
- **talnega opaža** z možnostjo spuščanja do 10cm, kar je omogočalo 16 hidravličnih preš in
- **pomičnega notranjšega opaža**.

### 4.2 Oprema za premikanje konstrukcije (narivna hidravlika)

Za premikanje konstrukcije je bila uporabljena dvizžno-pomična hidravlika za narivanje proizvajalca Eberspächer Typ AH 123, ki je sestavljena iz dveh cilindrov za dvig 2 x 7850 kN, skupno 15700 kN pri dvigu za 50 mm in 2 x 2 cilindrov za premik, ki ustrezata skupni sili za premik konstrukcije 6080 kN in omogoča pomik za 250 mm.

Opornik v osi 11 je bil dimenzioniran tako, da je prevzel obtežbe hidravlike za narivanje.

Za izvedbo premika prekladne konstrukcije se prekladna konstrukcija s pomočjo hidravličnih cilindrov dvigne za 5 mm in s pomočjo cilindrov za premik pomakne naprej. Prenos sile za premik naprej se na prekladno konstrukcijo prenese s trenjem. Po izvedbi ene faze premika za 25 cm se prekladna konstrukcija ponovno spusti na ležišča iz nazobčane pločevine,



Slika 3: Narivna naprava

cilindri za premik pa postavijo nazaj v začetni položaj.

Na ta način je mogoče pomikanje konstrukcije naprej s **hitrostjo 5-6 m/uro**. Premik ene etape dolžine 37.5 m je trajal 6 - 8 ur.

Dejanska maksimalna potrebna sila za premik je znašala 2890 kN.

Dejanska maksimalna potrebna sila za dvig prekladne konstrukcije je znašala 6670 kN.

Narivanje prekladne konstrukcije v prvem in zadnjem taktu zahteva posebne ukrepe. Narivanje 1.takta se izvede z vlečenjem s pomočjo 4 Dywidag-palic premera  $D = 36$  mm. Pri zadnji etapi pa se lahko zaradi premajhne vertikalne sile na dviznem elementu (ca. 70 t) s trenjem vzpostavi premajhna sila narivanja. Zato se tudi tukaj uporabijo vlečne palice.

### 4.3 Oprema za zadrževanje

Ker je narivanje potekalo v smeri navzdol (smer N.Gorica-Razdrto), je bilo potrebno uporabiti opremo za zadrževanje pred nekontroliranim zdrsom. Srednji vzdolžni nagib objekta je 2.5 % in maksimalna

računska sila v smeri nagiba 1300kN, dejanska ob upoštevanju varnostnega faktorja pa 2400 kN.

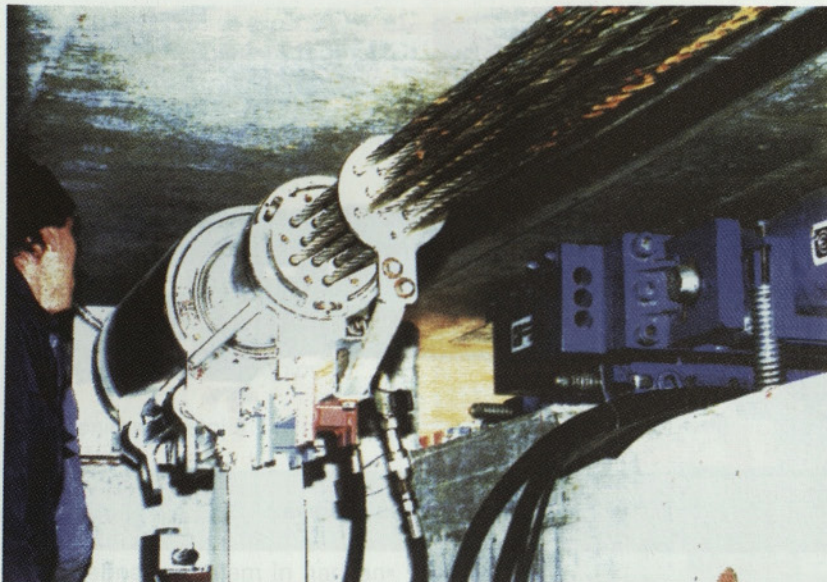
Kontroliran nadzor pri narivanju prekladne konstrukcije dosežemo z zadrževanim premikanjem konstrukcije naprej (z zaviranjem) in blokiranjem mostu v fazi mirovanja s pomočjo modificirane napenjalke PAUL-TENSA M in kabla za prednapenjanje iz žičnih pramen 11 x 0.6 ". Pridrženje mostu pri prestavljanju zadrževalne podpore v izhodiščni položaj se doseže s pomočjo blokirne podpore, pritrjene na spodnjo ploščo škatle, in oprte na zadrževalno traverzo za opornikom v osi 11.

### 4.4 Drсна ležišča za narivanje

Na vseh podporah razen na opornikih so se uporabila končna Neotopf ležišča tudi kot ležišča v fazi narivanja. Za ta namen se je na njih oblikovala masivna, v nagibu mostu in z drsno pločevino - Cronimo obložena, gornja površina.

Ko je most narinjen v končni položaj, se le-ta nad vsako podporo dvigne, odstranijo se teflonske drsne plošče in Cronimo-drsne pločevine ter se nadomestijo s 15

GRADIS - Nizke gradnje, d.d.: Premoščanje po tehnologiji narivanja



Slika 4: Zadrževalna naprava

mm debelimi jeklenimi ploščami s strižnimi čepi. Na te jeklene plošče se na gornjo stran nanese epoksidna malta in zlepi z betonom spodnje plošče škatle.

#### 4.5 Kljun za narivanje

Za zmanjšanje konzolnega momenta prek stebra segajočega konzolnega dela prekladne konstrukcije v fazi narivanja se na prednji prečnik pritrdi jeklena konstrukcija kljuna s pomočjo prednapetih Dywidag palic.

Konstrukcija kljuna je sestavljena iz dveh, s povezjem povezanih polnostenskih jeklenih nosilcev. Razmak med njima je 2.50 m. Kljun je dolg 33 m, po dolgem sestavljen iz treh delov, mase 70 t. Da bi se kljun kljub povesu ca. 8 cm lahko naslonil na naslednji steber, je konica kljuna na spodnji strani opremljena s pomičnim nosilcem. Ko pride gornji del kljuna do drsnih ležišč na stebri, se le-ta s pomočjo hidravličnih preš nosilnosti 500 kN s fiksno matico dvigne na potrebno višino, razklopi pomični nosilec,

fiksira in podpre na ležišče.

#### 4.6 Stranska vodila

Na vsakem stebri kot tudi na oporniku 11 in v delavnici spredaj in zadaj so bila nameščena stranska vodila. To so z prednapetimi Dywidag palicami pritrjeni stoječi nosilci z glavo, obloženo s Cronimodrsno pločevino in prilagojeno obliki škatlastega prereza.

Z vstavljanjem teflonskih plošč z več ali manj podložnimi ploščami iz trdega pavatexa lahko med narivanjem korigiramo smer narivanja.

#### 4.7 Varovalne naprave

Pomiki kape stebrov med narivanjem se kontrolirajo s pomočjo posebne varnostne naprave, pri čemer se narivanje pri prekoračitvi dopustnega pomika glave stebra samodejno prekine.

#### 4.8 Meritve

Posnetki meritev drsne proge, zavornih sedel na oporniku, kot tudi ležišč na stebrih se izvedejo z zapisniškim protokolom. Meritve se periodično ponovijo (po vsaki etapi betoniranja).

Dopustna odstopanja:

- drsna proga; smer, višina  $\pm 1$  mm
- zavorno sedlo, višina  $\pm 1$  mm
- drsna ležišča na stebrih  $\pm 1$  mm

#### 5.0 SKLEP

Gradnja objektov po tako zahtevni tehnologiji zahteva timski pristop in sodelovanje projektantov, tehnologov - specialistov in izvajalcev na licu mesta. Danes se v podjetju intenzivno pripravljamo na izvedbo prekladne konstrukcije viadukta 6-1, Ivančna gorica po isti tehnologiji.



Slika 5: Kljun za narivanje



# IZVEDBA OBJEKTOV PO TEHNOLOGIJI VRIVANJA V ŽELEZNIŠKI NASIP

## JACKING TROUGH RAILWAY ENBANKMENT TECHNOLOGY

UDK 625.1 : 624.135

GRADIS - Nizke gradnje, d.d.

### POVZETEK

Podjetje Gradis – Nizke gradnje, d.d. se lahko ponaša tudi z uvedbo tehnologije vrivanja objektov v železniški nasip. V letošnjem letu smo po tej tehnologiji že izvedli most HC 4, 5-12 pod železniško progo na HC BDC – Slivnica, in sicer v sklopu ureditev vodotokov na tem območju.

### SUMMARY

The company Gradis – Nizke gradnje, Joint Stock company, is also the owner of all equipment of another technology, this is jacking trough railway embankment technology. The bridge HC 4, 5-12 under railway line on HC BDC – Slivnica, was built in the year 1998 and is the excellent example of jacking through railway embankment technology.

Avtor:

# GRADIS

Nizke  radnje d.d.

## 1. UVOD

V preteklosti je izvedba objektov pod železniško progo zahtevala izvedbo obvozov le-te, oziroma tudi gradnjo provizornih premostitev. To je seveda zelo povišalo stroške izvedbe del, hkrati pa je predstavljalo oviro v železniškem prometu, saj je morala biti hitrost prometa zelo omejena.

Obravnavana tehnologija se uporablja povsod tam, kjer:

- začasne deviacije ni mogoče izvesti zaradi ovir ob progi (objekti, železniške postaje,...),
- to narekuje primerjava stroškov med vrednostjo objekta in stroški

železnice zaradi ukinitve tirov, upočasnjene vožnje,...

Izbor tehnologije vrivanja pa je odvisen tudi od velikost objekta in predvidenega roka dokončanja del.

Ključna prednost tehnologije vrivanja konstrukcije pod železniško progo v primerjavi s klasično izvedbo je, da omogoča praktično nemoten promet po progi nad objektom, ki se izvaja. Hitrost vlakov je omejena na 60km/h.

## 2. POSTOPEK VRIVANJA

### 2.1 Osnovni principi tehnologije vrivanja v železniški nasip

Osnovni princip obravnavane tehnologije je izvedba objekta v celoti (brez finalizacije) na platoju – delavnici zunaj železniškega profila in nato vrivanje objekta v železniški nasip pod "mali pomožni most".

#### 2.1.1 Osnovni tehnični podatki mostu HC 4, 5-12

Osnovni gabariti objekta:

- Širina: 15,80m

GRADIS - Nizke gradnje, d.d.: Izvedba objektov po tehnologiji vrivanja

- Dolžina: 9,84m
- Višina: 5,83m

Dolžina vrivanja: 2 x 11,0m.

Izračunana potrebna sila vrivanja:  
15000 kN.

## 2.2 Faznost izvedbe

Postopek gradnje sledi naslednjim fazam:

- Organizacija gradbišča z ureditvijo platoja – delavnice, kjer se na ustrezen način izvede zaščita gradbene jame ter ureditev dostopov na plato.
- Široki izkop gradbene jame.
- Izvedba AB konstrukcije v delavnici z začasnimi krilnimi zidovi - rezili.
- Izvedba opornega AB bloka za opiranje hidravličnih preš med vrivanjem.
- Izdelava in montaža pomožne jeklene konstrukcije z malimi pomožnimi mostovi.
- Vrivanje konstrukcije v železniški nasip.
- Odbitje začasnih krilnih zidov – rezil in demontaža pomožnih mostov.
- Finalizacija objekta.

### 2.2.1 Priprava platoja - delavnice

Po izvedbi varovanja gradbene jame in izkopu le-te se izvede AB talna plošča MB 20 debeline 20cm, ki rabi kot delovni plato za izvedbo AB konstrukcije podvoza.

Pri obdelavi naležne površine mora biti zagladitev izvedena s pomočjo krožne plošče. Na celotno površino pod bodočo talno ploščo AB konstrukcije se nanese tanka plast masti, prek pa se položi armirana PVC folija, kar prepreči vezavo betona navedene plošče z betonom talne plošče AB konstrukcije.



Slika 1: Betoniranje talne plošče mosta HC4 4, 5-12, v ozadju vidna oporna zagatna stenain oporni AB blok

### 2.2.2 Izvedba AB konstrukcije v delavnici

AB konstrukcijo in rezila se izvede s pomočjo tipskih opažev in podpornih odrov po principu "bele kadi". Pri vgrajevanju naležne pločevine v talno ploščo AB konstrukcije se posebna pozornost posveti absolutni natančnosti v horizontalni in vertikalni smeri. Pri izvedbi mosta HC 4, 5-12 je bila hidravlična oprema za vrivanje

zmontirana na omenjene naležne pločevine.

Na AB konstrukcijo se namestijo reperji za geodetsko spremljanje vrivanja objekta.

### 2.2.3 Pomožna jeklena konstrukcija z malimi pomožnimi mostovi

Pomožna jeklena konstrukcija z



Slika 2: Že izvedena AB konstrukcija z začasnimi krilnimi zidovi z izpusti za montažo vzdolžnih IPB 600 nosilcev ter vidnimi IPB 140 jeklenimi nosilci - drsnimi pasovi na zgornji plošči

malimi pomožnimi mostovi zajema:

- mali pomožni most
- drsne nosilce IPB 500, ki se montirajo pravokotno na železniške tire,
- vzdolžne nosilce IPB 600 na pomožnih krilnih zidovih – rezilih,
- jeklene nosilce IPB 140, ki se vgradijo v zgornjo ploščo objekta in rabijo kot drsni pasovi,
- izvedbo horizontalnega varovanja za prevzem bočnih sunkov vlakov in obtežb zaradi vrivanja, kar se izvede s pomočjo zabitih IPB 300 nosilcev ter 2 x IPB 800 horizontalno zmontiranih nosilcev.
- zaščita železniškega nasipa na nasprotni strani z zagotnicami. Zaščita je izvedena zato, da ne pride do poškodbe nasipa pri preboju konstrukcije skozi nasip.

Mali pomožni mostovi so namenjeni varovanju železniških tirov med začasnim premoščanjem in ležijo na nosilni konstrukciji iz IPB 500 jeklenih nosilcev. Podjetje Gradis – Nizke gradnje, d.d. ima v lasti dva, dolžine 12,0 m. Konstrukcijo za en

tir sestavljata dva para UNP 200 jeklenih nosilcev, ki sta ojačena in povezana z diagonalami  $\angle 90 \times 90 \times 13$  mm. Vzdolžni nosilci so med seboj povezani z  $\frac{1}{2}$  IPBv 180, na te pa je na spodnji strani privarjen ojačitveni pas  $14 \times 200 \times 1216$  mm. Tirnice se pritrdijo s pomočjo tipske podložne plošče na prečke.

Montaža malega pomožnega mostu se izvede tako, da se na pragove med tiri najprej odložijo vzdolžni nosilci, nato se v gramozno gredo vstavijo prečni nosilci, ki se spojijo z vzdolžnimi. Sledi fina nastavitvev ter izvedba ojačitev.

Načasne krilne zidove AB konstrukcije se namestijo vzdolžni IPB 600 jekleni nosilci.

Med vrivanjem AB konstrukcije v železniški nasip so mali pomožni mostovi podprti s prečnimi – drsnimi IPB 500 nosilci. Te se namesti tako, da se najprej izvede izkop kanala v gramozni gredi nato pa se potegnejo v kanal pod tiri in mali pomožni most. Po višinski nastavitvi s podlaganjem, se

vzdolžne nosilce malega pomožnega mostu spojijo z drsnimi nosilci.

#### 2.2.4 Vrivanje AB konstrukcije v železniški nasip

Vrivanje AB konstrukcije teče v naslednjih fazah:

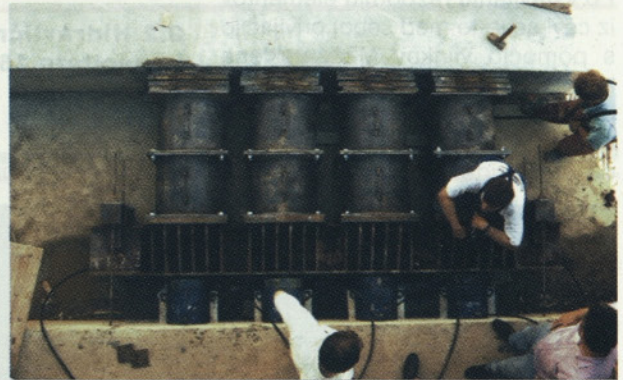
- izkop na čelni strani z odvozom materiala iz gradbene jame in deponiranjem dela materiala na gradbišču za kasnejšo uporabo,
- potiskanje s hidravličnimi prešami hoda 10 oziroma 25 cm,
- zalaganje z razpornimi elementi,
- geodetska kontrola smeri, višini in deformacij,
- popravki med vrivanjem s pomočjo hidravličnih preš in z dosipavanjem ali odkopom pod rezili.

Ves čas vrivanja mora biti prisoten tudi geometer, ki sprotno preverja pravilnost vrivanja po smeri in višini.

Na objektu HC 4, 5-12 smo dosegli hitrost vrivanja tudi do 1,5m dnevno.



Slika 3: Detalj malega pomožnega mosta



Slika 5: Prikaz hidravličnih preš z razpornimi elementi (jeklene cevi premera 559 mm različnih dolžin in jeklene plošče)



Slika 4: Že zmontirani mali pomožni mostovi ter v ozadju IPB 500 drsni jekleni nosilci



Slika 6 in 7: Z napredovanjem vrivanja objekta se večja število razpornih elementov



GRADIS - Nizke gradnje, d.d.: Izvedba objektov po tehnologiji vrivanja

### 3. HIDRAVLIČNA OPREMA ZA VRIVANJE

Podjetje ima v lasti dva kompleta hidravlične opreme za vrivanje različnih kapacitet.

#### 3.1 Hidravlična oprema kapacitete 24000 kN in hoda 25 cm

Hidravlične preše "BT - Hydraulic" potisne moči 2 x 4 x 3000 kN (skupaj 24000 kN) in povratnega hoda 25 cm. Po izvedbi premika v celotni dolžini hoda hidravličnih preš (25 cm) se med čelo talne plošče AB konstrukcije in hidravlične preše vstavijo razporni elementi. Krajši elementi razpiranja so iz jeklenih plošč dimenzij 625 x 625 mm različnih debelin (do 5 cm), daljši pa so iz cevi  $\phi$  559 x 12,5 mm z navarjeno jekleno pločevino na vsaki strani. Elementi razpiranja iz cevi so treh različnih dolžin in sicer: 1970 mm, 970 mm in 470 mm.

Po vstavljanju razpornih elementov iz cevi se le-te med seboj privijačijo s pomočjo vijakov M25. Jeklene kose je potrebno polagati na fiksno podlago (jekleni profil ali obdelan les s točno višino) in pri tem skrbeti, da ne pride do ekscentričnosti



Slika 8: Druga faza vrivanja; po izvedbi AB razpornega bloka in kril objekta

razpornih elementov.

Skupna dolžina vrivanja pri mostu HC 4, 5-12 je bila 2 x 11,0 m. Razlika v razpiranju se izvede z AB razpornim blokom, ki je bil pri mostu HC 4, 5-12 klasične izvedbe.

#### 3.2 Hidravlična oprema kapacitete 16000 kN in hoda 10 cm

Po izvedbi premika v celotni dolžini

hoda hidravličnih preš (10 cm) se hidravlične preše potegnejo v izhodiščni položaj s pomočjo hidravličnih cilindrov RH 606. Ostali postopek vrivanja in razpiranja je enak, kot je bilo opisano v prejšnji točki.

### 4. SKLEP

Na mostu HC 4, 5-12 je bila opisana tehnologija vpeljana in preizkušena. Poteka še izvedba podvoza pod železnico na Miklavški cesti v Hočah, ki ga Gradis - Nizke gradnje, d.d. izvaja po isti tehnologiji.



Slika 9: Finalizacija mostu HC 4, 5-12 - izvedba robnih vencev

# TRAJNO GEOTEHNIČNO SIDRO GRADIS GNSS - n

## PERMANENT GEOTECHNICAL ANCHOR GRADIS GNSS - n

UDK 624.078.7

GRADIS - Nizke gradnje, d.d.

### POVZETEK

V prispevku je predstavljeno trajno geotehnično sidro GRADIS GNSS - n, ki je bilo razvito v podjetju Gradis - Nizke gradnje, d.d. in za katerega imamo potrdilo o skladnosti ZAG - a, Ljubljana. Sidro ustreza predpisom in priporočilom SODOC - 16 Smernice za geotehnična sidra ter zahtevam SIA V 191/95.

### SUMMARY

The article describes the permanent geotechnical anchor Gradis GNSS - n, which was developed in the company Gradis - Nizke gradnje, Joint Stock company, for which we have confirmation with ZAG, Ljubljana. Anchor corresponds to all regulations and references of SODOC - 16 directives for geotechnical anchor and to all requests of SIA V 191/95.

Avtor:

# GRADIS

# Nizke radnje d.d.

## 1. UVOD

Podjetje GRADIS - Nizke gradnje, d.d. je z lastnim znanjem razvilo trajno geotehnično sidro GRADIS GNSS - n, ki je popolnoma in trajno izolirano pred dostopom vode in katerega življenjska doba je s tem vsaj enaka življenjski dobi objekta. Stanje trajnih geotehničnih sider je vsak trenutek preverljivo in predčasno zatajitev sidra je mogoče pravočasno zaznati.

Rešen je problem korozije jekla, ki nastopi zaradi tvorbe elektrokemijskih makroelementov, dostopa vode in raztopljenega kisika do jeklene površine ter učinkovanja blodečih tokov.

Pomanjkljivosti do sedaj znanih rešitev geotehničnih sider so:

- uporaba nezaščitenih jeklenih pramen po celotni dolžini sidra,
- uporaba PVC materialov za rebrasto cev ter cevi za primarno in sekundarno injektiranje ter odzračevanje,
- kovinska izvedba konice sidra,
- med sidrno ploščo in sidrno glavo se ne vstavljajo izolacijske plošče,
- zaščita sidrne glave se izvede z injekcijsko maso.

Navedene pomanjkljivosti ne ščitijo sidra pred korozijo. **Pri trajnem geotehničnem sidru GNSS - n so**

**bile te pomanjkljivosti odpravljene.**

## 2. TEHNIČNI OPIS SIDRA

### 2.1 Natezne vrvi

Gradisova geotehnična sidra GNSS - n so prednapeta sidra, sestavljena iz 1-12 jeklenih pramenov  $\phi$  0,6<sup>2</sup>, kakovosti jekla  $\delta_{02}/\delta_m = 1570/1770$  MPa.

Pletena pramena so v prostem delu sidra zaščitena z antikorozijsko mastjo in oblečena s PE cevjo; v veznem delu sidra so pramena gola in niso namaščena. Tesnjenje stika

pomaščene in nepomaščene dela pramena zatesnimo s tesnilnim kitom ter tako preprečimo izločanje vode prek pramen, kar se lahko pojavi zaradi primarnega injektiranja notranjega dela sidra.

Pramena oblikujemo v snop s pomočjo PE notranjih distančnikov, ki omogočajo centriranje in kontinuirni razmak pramen v prostem in veznem delu sider.

Zunanji distančniki – štirikrake oblike, zalepljeni na rebrasto cev in na gladko PE cev v prostem delu, rabijo za centrično namestitev sidra v vrtini in so iz PE ali kovinski.

## 2.2 Zaščitne cevi

Zunanji zaščitni ovoj sidra je iz trdega polietilena in ga sestavlja:

- **gladka PE cev s tulcem iz PE cevi** v dolžini prostega dela sidra do sidrne glave,
- **rebrasta PE cev** v dolžini veznega dela sidra,
- **konica sidra iz PE**, ki zaključuje na spodnjem koncu rebrasto cev. V konici sidra so pramena privarjena na jekleno cev.
- **spojka** - nerjavna jeklena cev s skrčnim PE na stiku gladke in rebraste cevi.

Povezavo prostega in veznega dela sidra izvedemo s posebno PE raycem spojko, ki prekrije stik. V notranjosti stika uporabimo nerjavno pločevino iste dolžine.

## 2.3 PE tulec

Na koncu prostega dela sidra, v območju betonske grede je potrebno izvesti razširitev medsebojne razdalje med prameni, ker to narekuje sistem prednapenjanja. Zato na tem mestu uporabimo PE tulec, s pomočjo katerega se izvede razširitev od  $\phi$  75 na  $\phi$  90 mm (oziroma  $\phi$  110 mm). Posebno pozornost posvetimo izvedbi tesnjenja stika med zaščitno cevjo

prostega dela sidra in PE tulcem.

## 2.4 Jekleni tulec

V območju betonske grede je nameščen jekleni tulec, ki predstavlja opaž med betoniranjem. Na tak način beton ne zalije prostega dela sidra s PE tulcem, ki gleda iz vrtine. Jekleni tulec je spojen z opažem sidrnega bloka.

## 2.5 Injektirne cevi

Za injektiranje in odzračevanje posebej veznega in posebej prostega dela sidra ter za injektiranje prostora med sidrom in vrtino se uporabljajo gladke PE cevke.

## 2.6 Cevolit plošča

Za električno izolacijo sidrišča od armature uporabimo cevolit ploščo debeline 4 mm.

## 2.7 Sidrišče

Sidrišče sestavljajo:

- **betonska konstrukcija**, ki je lahko različnih izvedb, kakovosti betona najmanj MB 30,
- **ustrezna armatura** za prevzem cepilnih sil pod sidrno glavo, glede na nosilnost sidra in velikost podložne plošče,
- **jeklena podložna plošča** z jeklenim tulcem ustreznega premera in dolžine,
- **sidranje pramen** po sistemu LH s podložno ploščo in sidrno glavo z zaklinjenjem vseh pramen hkrati,
- **izolacijska plošča** ustrezne kakovosti, ki se vgradi med podložno sidrno ploščo sidra in pločevino jeklenega tulca in je kot sestavni del antikorozijske zaščite za stalna sidra,
- **jeklena zaščitna kapa** z antikorozijsko zaščito, zapolnjena z antikorozijsko mastjo.

Vmesni prostor med tulcem in jekleno cevjo kot tudi območje sidrne glave je treba v celoti napolniti z injekcijsko maso oziroma mastjo.

## 2.8 Pregled tipov sider

Izbrati je mogoče različne tipe stalnih in začasnih sider glede na zahtevnost konstrukcije in geološko



Slika 1: Zaščita brežine za galerijo Strmec

- geotehnične razmere tal, v katere sidramo.

### 2.8.1 GNSS-n tip sidra glede na vrsto sidrne glave, n = 1, 4, 7, 12

#### Tip "GNSS-1"

Gradis Nizke gradnje stalno sidro s sidrno glavo za 1 pramen nazivne nosilnosti  $N_{nom} = 150$  kN

#### Tip "GNSS-4"

Gradis Nizke gradnje stalno sidro s sidrno glavo za 3 pramena nazivne

nosilnosti  $N_{nom} = 450$  kN

#### Tip "GNSS-7"

Gradis Nizke gradnje stalno sidro s sidrno glavo za 6 pramen nazivne nosilnosti  $N_{nom} = 900$  kN

#### Tip "GNSS-12"

Gradis Nizke gradnje stalno sidro s sidrno glavo za 11 pramen nazivne nosilnosti  $N_{nom} = 1650$  kN

## 2.9 Predpisi in priporočila

Za projektiranje, izvedbo, preiz-

kušanje in vzdrževanje prednapetih geotehničnih sider je pri nas v veljavi:

- "SODOC - 16 Smernice za geotehnična sidra", Ministrstvo za promet in zveze RS, Junij 1997.

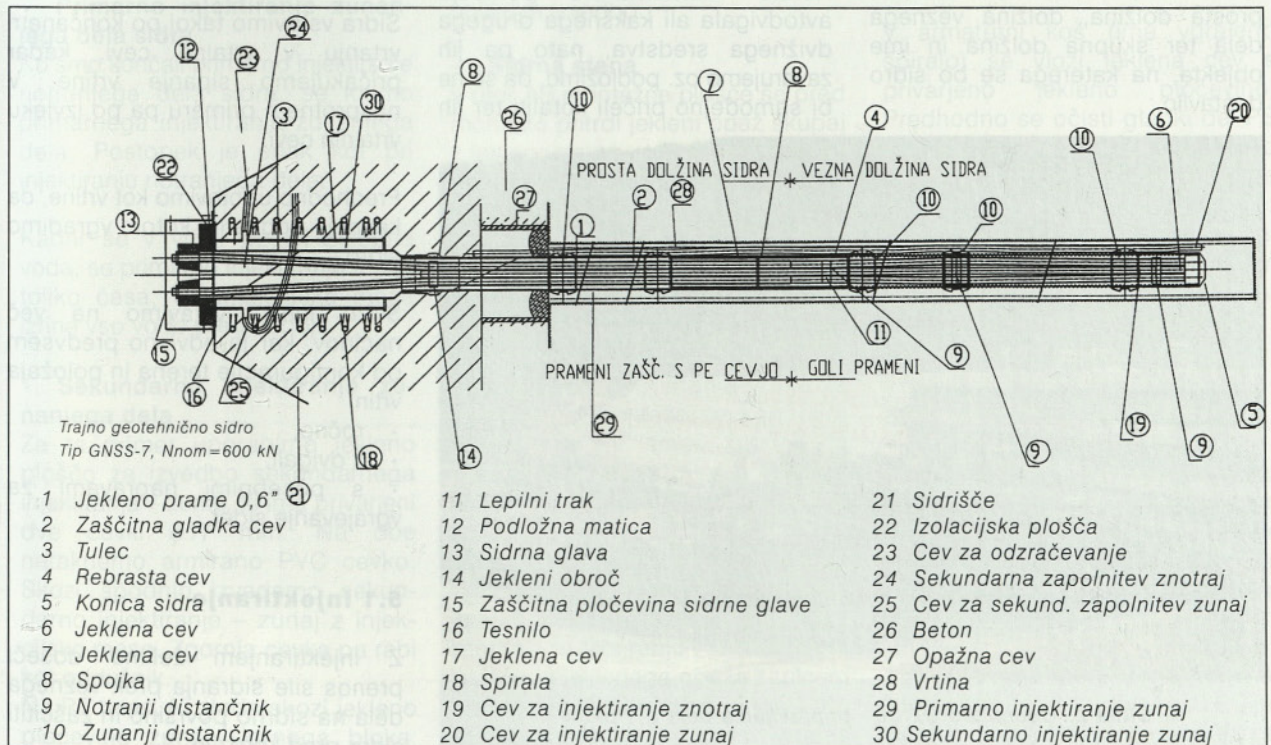
Za kontrolo kakovosti vgrajenih materialov pa veljajo še stari pravilniki:

- Pravilnik o tehničnih normativih za jeklene žice, palice in vrvi za prednapenjanje konstrukcij, Ur. list SFRJ, št. 41/85 velja za kontrolo kakovosti vgrajenih jeklenih pramen.

- Pravilnik o jugoslovanskem standardu za injekcijske mešanice za injektiranje kablov za prednapenjanje Ur. list SFRJ, št. 56/86, ki predpisuje Tehnične zahteve za injekcijske mešanice za injektiranje kablov za prednapenjanje po JUS U. E3. 015 in velja za kontrolo kakovosti vgrajene injekcijske mešanice.

	Število pramen $\phi 0,6"$	F $mm^2$	G $kg/m$	Površina sila $P_{\alpha}$ $kN$	Preizkusna sila $P_p = 0,75P_{\alpha}$ $kN$	Sila zaklinjenja		$N_{nom}$ $kN$	$N_{nom}$ $ton$
						$P_{zakl} = 0,60P_{\alpha}$ $kN$	$P_{zakl} = 0,30P_{\alpha}$ $kN$		
GNSS 1	1	139	1,11	246	184,5	147,6	73,8	150	15
GNSS 4	2	278	2,22	492	369,0	295,2	147,6	450	45
GNSS 4	3	417	3,33	738	553,6	442,9	221,4	600	60
GNSS 7	4	556	4,44	984	738,1	590,0	295,2	750	75
GNSS 7	5	695	5,55	1230	922,6	738,1	369,0	900	90
GNSS 7	6	834	6,66	1476	1107,1	885,7	442,8		
GNSS 12	7	973	7,77	1722	1291,7	1033,3	516,6		
GNSS 12	8	1112	8,88	1968	1476,2	1180,9	590,4		
GNSS 12	9	1251	9,99	2214	1660,7	1328,6	664,2		
GNSS 12	10	1390	11,1	2460	1845,2	1476,2	738,0		
GNSS 12	11	1529	12,2	2706	2029,7	1623,8	811,8	1650	165
GNSS 12	12	1668	13,3	2952	2214,3	1771,4	885,6	1800	180

Opomba: V koloni  $N_{nom}$  so navedene vrednosti za Gradisova sidra



### 3. IZDELAVA SIDRA

Sidro se izdeluje v Obratu Gradis - Nizke gradnje, d.d. v Kratki ul. v Mariboru. Potem ko sestavimo sidro v skladu s postopkovnim navodilom je potrebno izvesti meritve s katero ugotovimo vodotesnost PE cevi in s tem ustreznost antikorozijske zaščite. Meritev izvedemo na vsakem sidru.

Sidro potopimo v vodo in izmerimo električno upornost sidra, ki mora znašati  $R_i \geq 0,1 \text{ M}\Omega$  po SIA priporočilih, vendar pri izdelavi zahtevamo upornost, večjo od  $200 \text{ M}\Omega$  oz. vrednost, ki presega merilno območje merilnega instrumenta (O.R.). Sidra, ki pri testu nimajo neskončne upornosti, izločimo ter z demontažo ugotovimo nepravilost.

Rezultat meritve električne upornosti sidra v okviru kontrole antikorozijske zaščite po sestavi sidra vnesemo v kontrolni list notranje kontrole.

Ko je sidro v obratu pregledano se opremi z listkom, na katerem je označen tip sidra, številka sidra, prosta dolžina, dolžina veznega dela ter skupna dolžina in ime objekta, na katerega se bo sidro dostavilo.

### 4. TRANSPORT IN SKLADIŠČENJE

Med transportom in skladiščenjem sidra posebno pozornost posvetimo preprečitvi nastajanja lokalne korozije na nenapetih in neza-injektiranih pramenih, kar pomeni, da moramo preprečiti nastanek kondenza. To dosežemo tako, da na koncu prostega dela sidra prek kablov ovijemo za paro prepustno folijo. V notranjost sidra proti konici vlaga ne more prodreti, ker je odprtina zapolnjena s tesnilnim kitom.

Sidra se na kamionu pokrijejo s cerado, da preprečimo preveliko segrevanje črnih PE cevi, prav tako pa s tem preprečimo vtok vode pri morebitnih nalivih med samim transportom.

Formirana sidra večjih dolžin ( $l > 20,0 \text{ m}$ ) navijemo na lesen kolot, krajša sidra pa naložimo na kamion po obodu tovarne površine. Pri tem mora sidra nalagati več delavcev približno en delavec na 3-4 m.

Kolute razložimo s pomočjo avtodvigala ali kakšnega drugega dvignega sredstva, nato pa jih zavarujemo oz. podložimo, da se ne bi samodejno pričeli kotaliti ter jih

pokrijemo s polipropilensko polstjo.

Za razvijanje se kolot s sidri namesti v razvijalno kletko, tako da lahko razvijemo posamezno sidro.

Kolikor so bila sidra transportirana prosto brez navijanja na kolot, se morajo na gradbišču ročno razložiti, pri čemer mora sidro prenašati zadostno število ljudi (na 3 – 4 m), da preprečimo pretirano lomljenje sidra.

Sidra odložimo na leseno podlago in pokrijemo s polipropilensko polstjo, da jih zaščitimo pred soncem. Sidro vedno položimo s konico navzgor, da ne bi prišlo do vtoka vode v prosti del sidra.

Hkrati je potrebno poskrbeti, da se ne hodi po sidrih, da so sidra odložena na mestu, kjer se ne premika gradbena mehanizacija oziroma se deponija zaščiti pred morebitnimi mehanskimi poškodbami.

### 5. VSTAVLJANJE SIDRA

Sidra vstavimo takoj po končanem vrtanju v vrtalne cevi, kadar pričakujemo sipanje vrtine. V nasprotnem primeru pa po izvleku vrtalnih cevi.

Predhodno ugotovimo kot vrtine, da kasneje pod istim kotom vgradimo sidro.

Sidro lahko vstavimo na več načinov, kar je odvisno predvsem od konfiguracije terena in položaja vrtin:

- ročno,
- z dvigali,
- s posebnimi napravami za vgrajevanje sider.

#### 5.1 Injektiranje

Z injektiranjem želimo doseči prenos sile sidranja prek veznega dela na sidrno površino in zaščititi sidro pred korozijo.



Slika 2: Oporni zid OZ 06 - pripravljala dela I. Trojane



Med injektiranjem in še najmanj en dan po injektiranju mora biti del sidra, ki gleda iz vrtine, podprt, da se zaradi lastne teže ne spremeni kot sidra.

#### • Injekcijska masa

Za injektiranje se uporablja injekcijska masa pripravljena po recepturi Gradis - Nizke gradnje, d.d., ki je potrjena s strani ZAG Ljubljana.

Za pripravo injekcijske mase uporabljamo Mixopres 500 napravo, s katero lahko ustvarimo pritisk do 10 barov.

#### • Primarno injektiranje notranjega dela sidra

Najprej zainjektiramo notranji del sidra skozi cev, ki smo jo vgradili skupaj s prameni. Ko priteče injekcijska masa do vrha notranje cevi in ugotovimo približno enako pretočnost kot pri vhodu, je notranje primarno injektiranje končano. Cevko za odzračevanje zapremo in skozi cev za injektiranje spustimo še nekaj mase pod pritiskom. Nato tudi to cev zapremo.

#### • Primarno injektiranje zunanjega dela sidra

Ko smo končali primarno injektiranje notranjega dela sidra, se lotimo primarnega injektiranja zunanjega dela. Postopek je enak kot pri injektiranju notranjega dela.

Kadar se v vrtini pojavi zaledna voda, se primarno injektiranje izvaja toliko časa, da injekcijska masa izrine vso vodo pred seboj.

#### • Sekundarno injektiranje zunanjega dela

Za ta primer uporabimo jekleno ploščo za izvedbo sekundarnega injektiranja – zunaj, ki ima privarjeni dve cevki  $\phi 17$  mm. Na obe natakemo armirano PVC cevko. Skozi spodnjo izvedemo sekundarno injektiranje – zunaj z injekcijsko maso. Zgornja cevka pa rabi kot oddušnik.

Na PE tulec, ki gleda skozi jekleno ploščino zunaj sidrnega bloka,

nanesemo silikonski kit. S tem izvedemo tesnjenje med PE tulcem in jekleno ploščino. Tesnjenje med jekleno cevjo - tulcem in pa jekleno ploščino za izvedbo sekundarnega injektiranja – zunaj pa izvedemo s penasto gobo, ki jo nalepimo na tulec z neostik lepilom. Injektiranje pričnemo, ko se lepilo posuši (ca. 2 uri, kar pa je odvisno od temperature).

Sekundarno injektiranje izvedemo pred napenjanjem. Injektiramo po že navedenih postopkih.

#### • Sekundarno injektiranje notranjega dela

V notranji del med nenapete kable in PE tulec vtisnemo purpeno nato pa Renolit LXC - 2 mast. Nato pramena prednapnemo. Mast se iztisne med zaklinjenimi jeklenimi prameni.

## 5.2 Napenjanje

### 5.2.1 Izdelava sidrnega bloka

Na gradbišču se izvede izdelava sidrnega bloka, ki ima lahko različno obliko in izvedbo.

#### • Sidrna stena

V utor AB montažne plošče se pred montažo pritrdi jekleni opaž skupaj z jekleno cevjo – tulcem in spiralno armaturo. Na jekleno cev – tulec se natakne plastična opažna cev DN 160 mm, ki se potisne do hribine, kar preprečuje zapolnitev z betonom. S plastično cevjo premostimo diferenco med tulcem in zemljino in s tem skrajšamo potrebno dolžino vrtanja vrtine za sidro. Med montažo se kontrolira kot sidra in smer glede na horizontalo. Opaž se prilagodi zahtevanim kotom, pazi se na pravokotnost med sidrom in jekleno cevjo – tulcem. Tudi jekleno cev – tulec zapolnimo s penasto gobo, ki preprečuje vdor betona vanjo. Po montaži in fiksiranju AB montažne plošče in jeklenega opaža z tulcem se izvrši betoniranje zidu. Po staranju betona se izvrši vrtanje

vrtine za GNSS sidro.

#### • Sidrna greda

V skladu s PZI projektom se izvede opaž sidrne grede, na katerega se pritrdi jeklena cev – tulec in spiralna armatura. Jekleno cev – tulec zapolnimo s penasto gobo, ki preprečuje vdor betona vanjo. Opaž se prilagodi zahtevanim kotom, pazi se na pravokotnost med sidrom in jekleno cevjo – tulcem. Po montaži in fiksiranju opaža z jekleno cevjo – tulcem in spiralno armaturo se izvrši betoniranje sidrne grede. Po staranju betona pa se izvrši vrtanje vrtine za GNSS sidro.

#### • Sidrni blok

Na betonsko oblogo hribine izvrtamo štiri luknje, v katere zabijemo rebrasto armaturo  $\phi 14$  mm, ki nam rabi kot strižna armatura po razopaževanju. Na to armaturo se položi armaturni koš. Prav tako se za pritrditev opaža zavrtajo štiri luknje, v katere privijemo betonsko železo  $\phi 6-8$ , s katero opaž pritrdimo preko žabic z natezalnikom na podložni beton (blazino). Pri tem se kontrolira kot sidra in smer glede na horizontalo.

V armaturni koš (ima vgrajeno spiralo) se vloži jeklena cev s privarjeno jekleno ploščino. Predhodno se očisti gladki del PE cevi, ki gleda iz vrtine, na katero namestimo PE tulec po že opisanem postopku. Jekleni tulec se v tej fazi privije na opaž. Sedaj se opaž prilagodi zahtevanim kotom, pazi se na pravokotnost med sidrom in jeklenim tulcem.

### 5.2.2 Izvedba napenjanja

Napenjati lahko pričnemo, ko doseže injekcijska masa zadostno sprijetost z zemljino. Ta čas je minimalno 7 dni, kar pa se določi s testnimi sidri oziroma mnenje poda geolog.

Napenjanje izvedemo po sistemu LH Gradis 1 x 0,6" do 12 x 0,6", pri čemer upoštevamo elaborat

GRADIS - Nizke gradnje, d.d.: Trajno geotehnično sidro GRADIS GNSS-n

napenjanja. Na očiščeno jekleno pločevino, ki je zabetonirana v sidrnem bloku, položimo cevovit, prek njega podložno ploščo, nasadimo sidrno glavo in izvedemo napenjanje.

Takoj po napenjanju opravimo meritve upornosti  $R_1$  in odrežemo preostanek pletenih pramen in zaščitimo glavo z zaščitno kapo. Po sedmih dnevih se izvede sekundarno betoniranje sidrnega bloka.

Pri vsakem sidru izvedemo enostavni napenjalni preizkus, na predpisanem številu pa izvedemo celoviti napenjalni preizkus, s čimer

pridemo do parametrov, ki so potrebni za napenjanje sider. Celoviti preizkusi napenjanja se izvedejo na 10% sider, vendar najmanj na treh sidrih. Mesta in količino predpiše projektant v elaboratu napenjanja.

## 6. KONTROLA ANTIKOROZIJSKE ZAŠČITE

Meritve električnega upora izvajamo v naslednjih fazah izvedbe geotehničnih sider:

- po sestavi sidera v obratu,
- po primarnem injektiranju,

- po izdelavi sidrnega bloka oz. po sekundarnem injektiranju,
- po izvedbi preizkusa napenjanja,
- po zaklinjenju,
- po sedmih dnevih od zaklinjenja.

## 7. SKLEP

Razvoj trajnega geotehničnega sidera v našem podjetju še ni končan. Danes tečejo aktivnosti v smeri nadomestitve trenutno uporabljenih materialov z domačimi proizvodi ter izvedbe sider oziroma njegovih variant glede na konkretne projekte geotehničnih objektov



Slika 3: Trojane OZ 06: vrtanje vrtin za trajna geotehnična sidra

# PROJEKTIRANJE IN GRADNJA NADVOZOV NA VOZLIŠČU AC V SLIVNICI

## DESIGN AND CONSTRUCTION OF OVER-PASSES AT SLIVNICA MOTORWAY JUNCTION

UDK 625.711.3 : 625.739

LJUBO KORPAR

### POVZETEK

V prispevku je opisano projektiranje in gradnja dveh nadvozov na priključku hitre ceste iz Maribora na odsek avtoceste Slivnica - Pesnica. Vsak objekt je tipični predstavnik svoje vrste konstrukcij. Nadvoz 10-4,4-1 je polmontažna, armiranobetonska, vzdolžno prednapeta, sovprežna konstrukcija, povezana s prečniki in kabli v okvirno konstrukcijo prek dveh polj z razponoma po 30,30 m. Nadvoz 10-4,4-2 pa je klasična prednapeta, kontinuirana, monolitna, armiranobetonska konstrukcija nekonstantnega prereza, betonirana na odru prek štirih polj skupne dolžine 124 m.

### SUMMARY

Design and construction of two overpasses at the connection of the Maribor expressway to the motorway section Slivnica - Pesnica is presented. Each project is a typical representative of its structural type. The overpass 10-4,4-1 is a semi-prefabricated, reinforced concrete, longitudinally prestressed, composite structure connected with cross girders and tendons to a frame structure with two spans of 30,30 m each. The overpass 10-4,4-2 is a classical prestressed, continuous, monolithic, reinforced concrete structure of variable cross-section constructed on a platform with four spans of 124 m total length.

Avtor:  
Ljubo KORPAR, dipl. inž. grad., vodilni  
projektant



**GRADIS** PROJEKTIVNI BIRO  
MARIBOR d.o.o.  
Lavričeva 3, 2000 Maribor

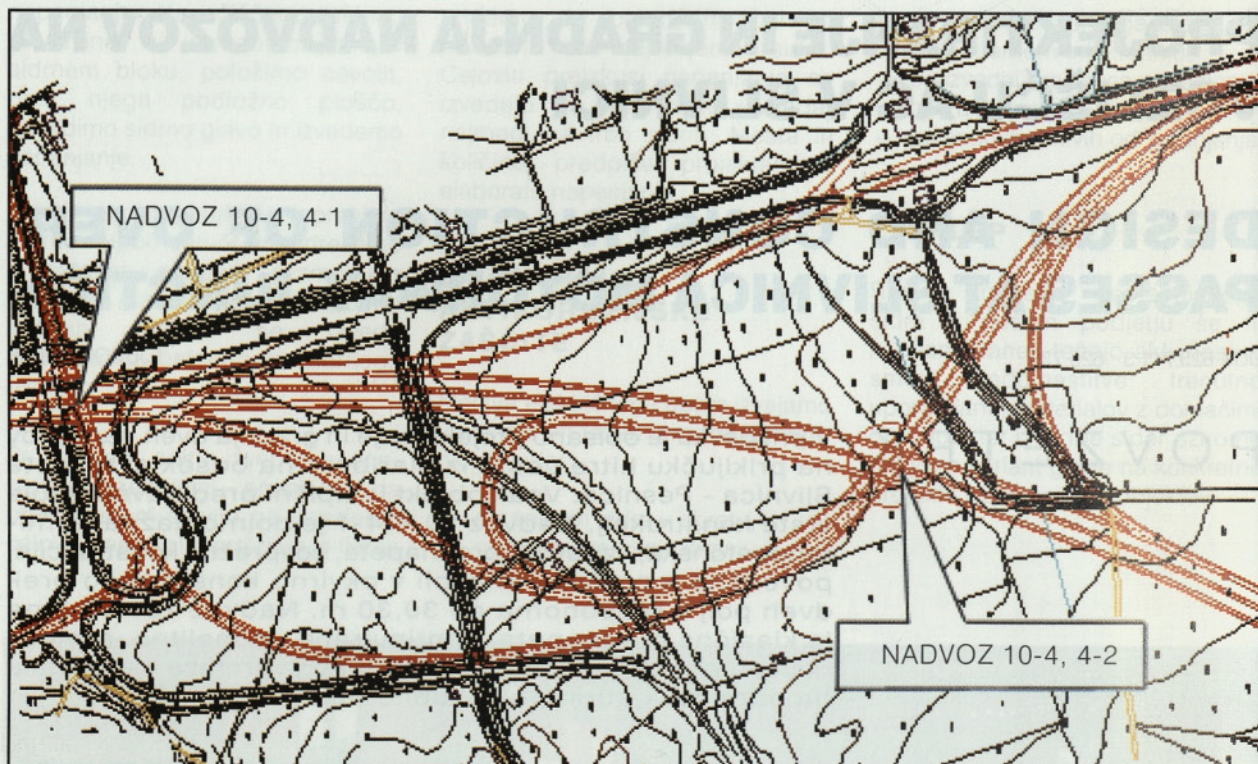
### 1.0 UVOD

Na samem vходу z južne strani v mesto Maribor se v neposredni bližini naselja Slivnica nahaja veliko zunajrivojsko križišče avtoceste odseka Slivnica - Pesnica in hitre ceste skozi Maribor. V sklopu tega križišča je bilo poleg nekaj manjših inženirskih objektov potrebno zgraditi tudi dva nadvoza preko avtoceste.

Prvi nadvoz 10-4,4-1, ki prečka bodočo AC proti Pesnici, je na priključni rampi iz Slivnice na Hitro cesto proti Mariboru. Na tem mestu je bil obstoječi nadvoz tipa "gazela" s svojim prostim profilom preozek, da bi še lahko rabil svojemu namenu, zato je bilo treba tik ob njem zgraditi nov, daljši nadvoz, obstoječega pa porušiti. Nadvoz premošča AC v dveh razponih. Zaradi čimmanjših zastojev prometa

na obstoječi polovični AC je bila za zgornjo konstrukcijo izbrana polmontažna izvedba.

Nadvoz 10-4,4-2 pa premošča AC v treh razponih in je na samem začetku oz. priključku hitre ceste v smeri proti Mariboru. Nadvoz je zasnovan v klasični prednapeti AB monolitni izvedbi.



## 2.0 NADVOZ 10-4,4-1

### 2.1 Splošni podatki o objektu

Nadvoz premošča avtocesto z dvema razponoma dolžin po 30,30 m. Začetek objekta je v km 0,0+188,83 in konec v km 0,0+249,43, tako da znaša dolžina objekta med osema krajnjih podpor 60,60 m. Vzdolžna os nadvoza seka os avtoceste pod kotom 78,68°.

Trasa avtoceste je na območju premostitve v prehodnici z  $A = 750$  m. Vzdolžni sklon avtoceste je 1,15%.

Trasa deviacije - priključne rampe je na območju premostitve v premi, v vzdolžni smeri pa je v konveksni zaokrožitvi z radijem  $R = 2000$  m in naklonom tangent  $i = 2,9859\%$  in  $i = 3,9999\%$ .

Prečni sklon vozišča je na objektu enostranski in znaša 2,5 %. Hodniki na objektu pa so v prečni smeri nagnjeni proti vozišču z naklonom 2%.

Karakteristični prečni prerez objekta vsebuje :

- robni venec z odbojno ograjo in zaščitno ograjo ter hodnikom za pešce	1,50	m
- vozišče	6,60	m
- hodnik (zelenica pred in za objektom)	0,75	m
- kolesarska steza	2,00	m
- robni venec z odbojno ograjo in zaščitno ograjo ter hodnikom za pešce	1,55	m

**SKUPAJ** **12,40 m**

Objekt je dimenzioniran v skladu s pravilnikom o tehničnih normativih za beton in armirani beton in DIN 4227, I in II del predpisi za prednapeti beton. Za obtežbo objekta je bil upoštevan DIN 1072 predpis za razred 60/30.

## 2.2 Robustna zasnova objekta

Objekt je zasnovan v robustni, polmontažni, armiranobetonski, vzdolžno prednapeti okvirni konstrukciji brez ležišč in dilatacij. Ležišča in dilatacije sicer zadovoljujejo vsa pravila projektiranja in uporabne standarde, so pa zaradi soljenja cest občutljiva za kloride in s tem obsojena na propadanje. Izogibati se je potrebno neugodnim posledicam, in sicer s preventivnimi ukrepi, saj je "gram preprečevanja vreden več kot kilogram zdravljenja". Ležišča in dilatacije so glede tega šibke točke v konstrukciji in zahtevajo intenzivno vzdrževanje.

Da pa lahko ta dva konstrukcijska elementa opustimo, se moramo zavedati, da je potrebno projektirati robustnejše konstrukcije, ki morajo imeti naslednje značilnosti:

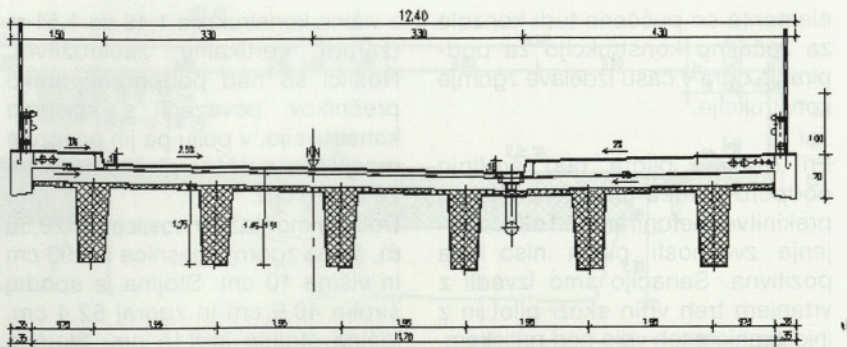
- **obilnost:** zasnovati statično nedoločene sisteme, ki imajo systemske rezerve; konstrukcijski elementi morajo biti odporni proti upogibu;

- **kompaktnost:** do skrajnosti zmanjšane površine konstrukcijskih elementov (n.pr. eliminiranje podpornih detajlov in površin okoli stikov) izboljšujejo trajnost konstrukcijskega betona;

- **konstrukcijska zasnova, usmerjena k zveznemu toku napetosti:** izogibati se je potrebno geometrijskim diskontinuitetam, saj kontinuirani konstrukcijski elementi zmanjšajo konice napetosti in razpoke na minimum;

- **zamenljivost:** elementi, ki so podvrženi propadanju, n.pr. robni venci, tlaki, robniki, morajo biti zamenljivi. Seveda pa velja, da čim manj kot ima objekt zamenljivih elementov, manj vzdrževanja je potrebno.

Osrednje vprašanje pri projektiranju robustnejših premostitvenih objektov je, kako učinkovito zmanjšati vsiljene napetosti.



Slika 1: Karakteristični prečni prerez objekta

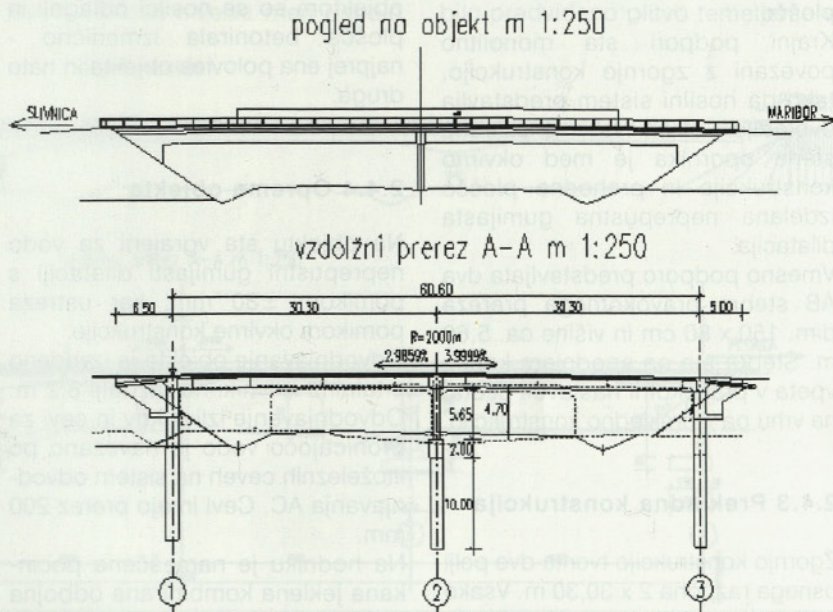
## 2.3 Geološko - geomehanski pogoji

Na lokaciji objekta so temeljna tla pod plastjo humusa in umetnega nasutja sestavljena iz peščeno meljne zemljine, ki sega do globine 1,0 - 1,4 m. Sledijo peski rahlega sestava z lečami in tankimi plastmi meljev. Na globini 3,4 do 11,3 m se pojavijo prodno peščene meljne zemljine, ki so v zgornjih slojih rahlega sestava, nato pa srednje gostega. Z geotehničnim poročilom je bilo predvideno temeljenje objekta na pilotih  $\phi 150$  cm z nosilnostjo pilota 6400 kN.

## 2.4 Opis konstrukcije

### 2.4.1 Temelji

Krajni in vmesna podpora so temeljene na po dveh pilotih premera 150 cm. Razmak pilotov na krajnih in vmesni podpori je 5,85 m. Dolžine pilotov so od 12 do 18 m. Nadaljevanje pilotov na krajnih podporah je izvedeno do višine stene opornika v kvadratnem prerezu  $1,42 \times 1,42$  m. Na vmesni podpori pa se pilot nadaljuje z vmesnim elementom dim.  $1,6 \times 1,6 \times 2,0$  m. Iz tega elementa pa je izveden steber. Iz vmesnega



Slika 2: Vzdolžni prerez in pogled na nadvoz 10-4, 4-1

## LJUBO KORPAR: Projektiranje in gradnja nadvozov

elementa so puščene tudi konzole za začasno konstrukcijo za podpiranje odra v času izdelave zgornje konstrukcije.

Pri izdelavi pilota pod srednjo podporo je med gradnjo prišlo do prekinitve betoniranja. Tako merjenja zveznosti pilota niso bila pozitivna. Sanacijo smo izvedli z vrtanjem treh vrtin skozi pilot in z injektiranjem teh vrtin pod pritiskom. Med gradnjo smo ves čas opazovali morebitno posedanje pilotov, saj ti ne segajo do osnovne hribine. Največji izmerjeni posedek krajne podpore je bil 17 mm in še to v največji meri zaradi vpliva priključnega nasipa na objekt. Vmesna podpora pa se praktično ni posedla.

#### 2.4.2 Podporna konstrukcija

Krajni podpori, ki ju tvori prečna greda dim 142 x 300 cm s ploščo za razbremenitev konstrukcije, ležita na dveh pilotih. V gredo so pripeta viseča krila debeline 50 cm, ki se prilagajajo nasipu za objektom. Dolžina kril je od 5,0 do 6,50 m. Na zaledni steni opornika je predvideno ležišče za podaljšano prehodno ploščo.

Krajni podpori sta monolitno povezani z zgornjo konstrukcijo, tako da nosilni sistem predstavlja dvoladijski okvir. Na vrhu zaledne stene opornika je med okvirno konstrukcijo in prehodno ploščo izdelana neprepustna gumijasta dilatacija.

Vmesno podporo predstavljata dva AB stebra pravokotnega prereza dim. 150 x 80 cm in višine ca. 5,60 m. Stebra sta na spodnjem koncu vpeta v pravokotni nastavek pilota, na vrhu pa v prekladno konstrukcijo.

#### 2.4.3 Prekladna konstrukcija

Zgornjo konstrukcijo tvorita dve polji osnega razpona 2 x 30,30 m. Vsako polje je sestavljeno iz šestih prednapetih montažnih nosilcev "T" prereza na osnem razmaku 1,95 m

z višino konstrukcije 1,45 do 1,51 m (zaradi vertikalne zaokrožitve). Nosilci so nad podporami preko prečnikov povezani s spodnjo konstrukcijo, v polju pa jih povezuje monolitna voziščna plošča debeline 20 do 26 cm.

Dolžina montažnih nosilcev je 29,50 m, širina zgornje pasnice je 193 cm in višina 10 cm. Stojina je spodaj široka 40,9 cm in zgoraj 52,4 cm. Višina stojine je 115 cm. Skupna višina nosilca je torej 125 cm.

Vsak nosilec je narejen v enem kosu. Nosilci so bili v obratu prednapeti z dvema kabloma 11 x 15,2 mm - I. faza napenjanja. Tako izdelani nosilci so se nato transportirali na gradbišče in tam montirali. Na srednji podpori so se odlagali na začasno konstrukcijo - oder, ki je bil odstranjen šele po napenjanju kablov II. faze. Na krajnih podporah pa so se nosilci odlagali na posebno oblikovana jeklena ležišča, ki so se ob betoniranju zalila. Na te montirane nosilce se je nato izvedla monolitna plošča skupaj s prečniki. Po strditvi monolitne plošče in prečnikov pa se je konstrukcija napela še s šestimi kablji 11 x 15,2 mm - II. faza napenjanja.

Zaradi nemotenega prometa pod objektom so se nosilci odlagali in plošča betonirala izmenično - najprej ena polovica objekta in nato druga.

#### 2.4.4 Oprema objekta

Na objektu sta vgrajeni za vodo neprepustni gumijasti dilataciji s pomikom  $\pm 30$  mm, kar ustreza pomikom okvirne konstrukcije.

Odvodnjavanje objekta je izvedeno s talnimi izlivniki na razdalji 8,2 m. Odvodnjavanje izlivnikov in cevi za pronicajočo vodo je navezano po litoželeznih ceveh na sistem odvodnjavanja AC. Cevi imajo prerez 200 mm.

Na hodniku je nameščena pocinkana jeklena kombinirana odbojna ograja višine 60 cm, s polnili iz žične mreže višine 100 cm oz. 200 cm nad območjem avtoceste.

### 3.0 NADVOZ 10-4,4-2

#### 3.1 Splošni podatki o objektu

Nadvoz premošča avtocesto s tremi razponi dolžin po 35, 54 in 35 m, tako da je dolžina objekta med osema krajnih podpor 124 m. Trasa avtoceste je na območju premostitve v radiju z  $R=1500$  m. Vzdolžni sklon avtoceste pa je v padcu 1,1524 %.

Trasa deviacije - rampe je na območju premostitve v prehodnici z  $A=200$ , v vzdolžni smeri pa je v konveksni zaokrožitvi z radijem  $R=2000$  m in naklonom tangent  $i=1,5236$  % in  $i = 0,3203$  %.

Prečni sklon vozišča je na objektu enostranski in se spreminja od 2,5% do 5 %. Hodniki na objektu pa so v prečni smeri nagnjeni proti vozišču z naklonom 6 %.

Karakteristični prerez objekta vsebuje :

- robni hodnik z odbojno in cevno ograjo 2,11 m

- vozišče 11,20 m

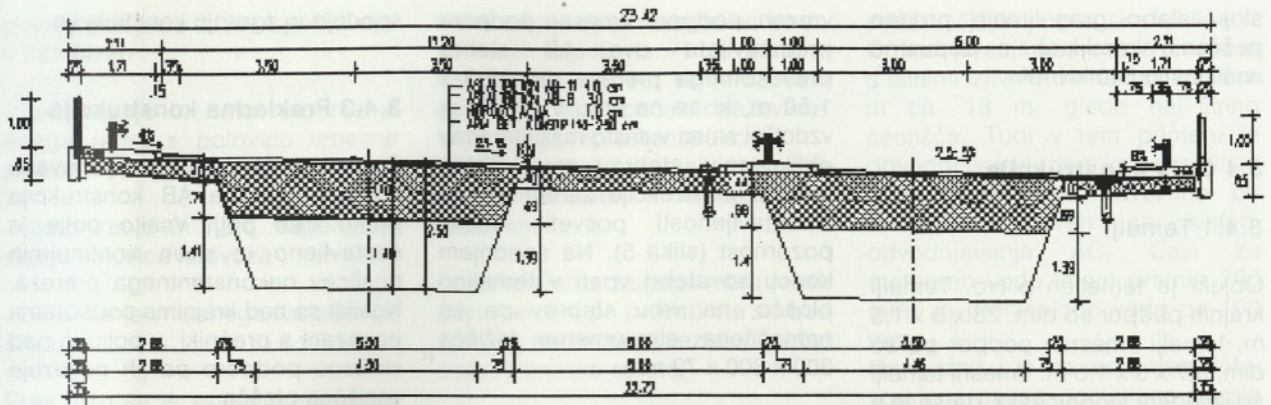
- vmesni ločilni hodnik z jekleno odbojno ograjo 2,00 m

- vozišče 6,00 m

- robni hodnik z odbojno in cevno ograjo 2,11 m

SKUPAJ 23,41 m

Objekt je dimenzioniran v skladu s pravilnikom o tehničnih normativih za beton in armirani beton in DIN 4227, I. in II. del predpisi za prednapeti beton. Za obtežbo objekta pa je bil upoštevan DIN 1072 predpis za razred SLW 60/30.



Slika 3: Karakteristični prečni prezek objekta

### 3.2 Zasnova objekta

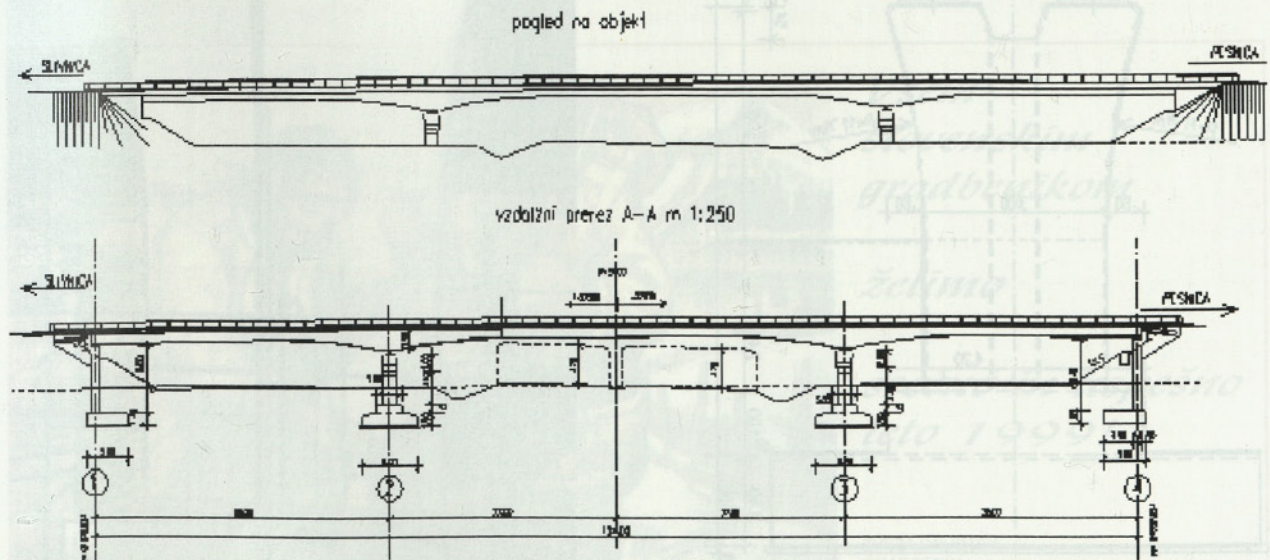
Objekt je zasnovan kot masivna, monolitna, klasična, prednapeta, kontinuirana konstrukcija z nekonstantnim prerezom. Geometrija trase rampe, ki prečka avtocesto s prehodnico, vertikalno zaokrožitvijo, vijačenjem objekta in s kotom križanja avtoceste  $66,375^\circ$ , je maksimalno neugodna kombinacija, ki zahteva od konstrukterja, da oblikovanju objekta posveti prav toliko pozornosti, če ne še več, kot samim statičnim in dinamičnim problemom. Če pa se ozremo še nekoliko po okolici, vidimo, da stoji v sami smeri avtoceste v naselju

Slivnica cerkev, ki bi jo lahko z netransparentnim objektom in razmeroma visokimi priključnimi nasipi popolnoma zakrili. Da je cerkev vidna tudi voznikom po avtocesti in da se z objektom čim manj zapira pogled nanjo, je zahteval tudi Zavod za varovanje naravne in kulturne dediščine v oblikovalskih smernicah. To je bil tudi glavni razlog, zakaj ima objekt sorazmerno veliko dolžino za prehod običajno široke avtoceste. Z oblikovanjem razmeroma vitke konstrukcije nekonstantnega preza - v sredini razpona je  $h/l=1/45$ , oz. nad podporo  $1/22$  in zanimivimi stebri nam je v veliki meri uspelo

objekt oblikovati, tako da smo poleg funkcionalnim kriterijem ugodili tudi estetskim kriterijem.

### 3.3 Geološko - geomehanski pogoji

Pod 30 cm debelo humusno plastjo se nahajajo glinasto, meljne in peščene zemljine, ki se menjavajo v tankih slojih. V globini 4,0 - 4,7 m se pojavijo slabo granulirane prodno peščene do prodno peščeno meljne zemljine srednje gostega sestava in segajo do končne globine vrtanja na 8,0 m. Z geotehničnim poročilom je bilo predvideno plitvo temeljenje v



Slika 4: Vzdolžni prezek in pogled na nadvoz 10-4, 4-2

sloju slabo granuliranih prodno peščenih zemljinah z dopustno nosilnostjo  $540 \text{ kN/m}^2$ .

### 3.4 Opis konstrukcije

#### 3.4.1 Temelji

Objekt je temeljen plitvo. Temelji krajnih podpor so dim.  $23 \times 5 \times 1,5 \text{ m}$ , temelji vmesnih podpor pa so dim.  $6,7 \times 8 \times 1,5 \text{ m}$ . Vmesni temelji so izvedeni stopničasto, da se je s tem preprečila nevarnost preboja temeljne plošče, oz. velika poraba strižne armature. Temeljne plošče so klasično zaopazene in iz njih je puščena priključna armatura za krajna opornika in za stebre na vmesnih podporah.

#### 3.4.2 Podporna konstrukcija

Podporno konstrukcijo predstavlja dve krajni podpori in dve

vmesni podpori. Vmesne podpore predstavljata dva AB stebra pravokotnega prereza dim.  $3,0 \times 1,50 \text{ m}$ , ki se na vrhu v prečni in vzdolžni smeri vutasto razširita. Prav oblikovanju stebrov smo, poleg celotne konstrukcije, zaradi njihove izpostavljenosti posvetili veliko pozornost (slika 5). Na spodnjem koncu so stebri vpeti v temeljno ploščo, na vrhu stebrov pa so nameščena elastomerna ležišča  $800 \times 800 \times 79 \text{ mm}$ .

Krajna opornika ležita na temeljni plošči in imata klasično obliko s konzolnimi krili debeline  $50 \text{ cm}$ . Debelina stene opornika je  $1,0 \text{ m}$  in dolžina ca.  $21 \text{ m}$ . Zaradi dolžine se je opornik betoniral v treh fazah. Na krajnih opornikih so vgrajena elastomerna ležišča  $450 \times 500 \times 114 \text{ mm}$ . Na zaledni steni opornika pa je izdelano ležišče za podaljšano prehodno ploščo. Na vrhu zaledne stene je vgrajena neprepustna dilatacija Savadil 100, ki povezuje

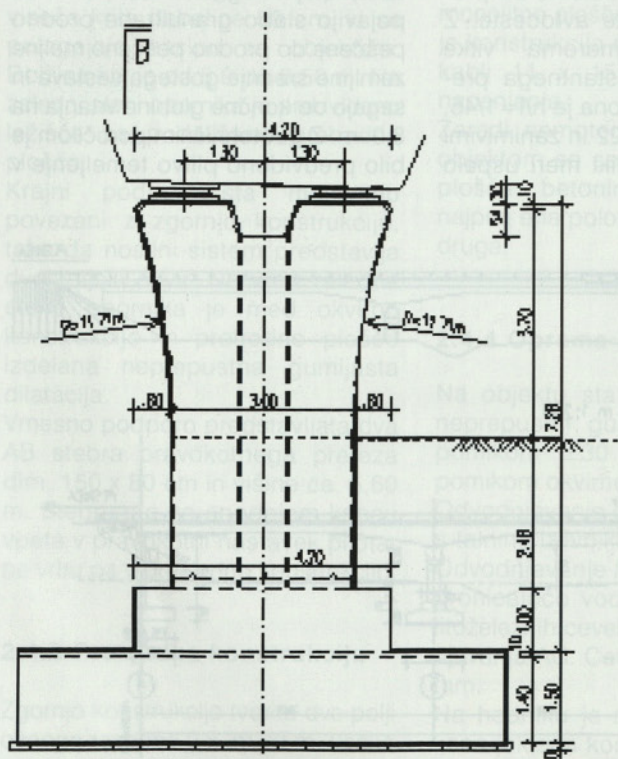
spodnjo in zgornjo konstrukcijo.

#### 3.4.3 Prekladna konstrukcija

Zgornja konstrukcija je zasnovana kot kontinuirana AB konstrukcija preko treh polj. Vsako polje je sestavljeno iz dveh kontinuirnih nosilcev nekonstantnega prereza. Nosilci so nad krajnima podporama povezani s prečniki, v polju in nad vmesno podporo pa jih povezuje voziščna plošča.

Višina rebra nad krajnima podporama in v polju znaša  $1,20 \text{ m}$ . Višina se nato vutasto spreminja tako, da doseže nad vmesnimi podporami višino  $2,50 \text{ m}$ . Osni razmak med rebri nosilnega sistema je  $11 \text{ m}$ . Plošča nad rebri je debeline  $40 \text{ cm}$ , na koncu konzol pa  $25 \text{ cm}$ .

Prekladna konstrukcija se je v celoti izvajala na odru. Zaradi velike



Slika 5: Oblikovanje stebra nadvoza



površine objekta se je objekt izvajal v treh fazah :

- betoniranje in nato napenjanje enega rebra s polovico vmesne plošče med rebroma

- betoniranje in nato napenjanje druge polovice nadvoza

- betoniranje vmesnega vzdolžnega stika.

Prav tako se je vsaka posamezna faza izdelovala v časovnih zamikih. Betoniranje enega rebra se je izvajalo v treh intervalih, da se je v največji mogoči meri izognilo negativnemu vplivu začetnega krčenja betona. Po ca. 7 dnevih so se napeli vsi kabli na 70% končne napenjalne sile in donapeli na končno silo po 28 dneh.

Konstrukcija se je razopažila, ko so se kabli napeli na 70 % končne napenjalne sile. Ko se je sprostil oter, se je lahko pričelo opaževanje sosednjega rebra konstrukcije.

Vsako rebro je v sredini vmesnega polja prednapeto s 30 kabli 11 x 15,2 mm.

Po dokončanju drugega rebra (enak postopek kot pri prvem) sta se obe polovici nadvoza povezali v prečni smeri v enovito celoto.

### 3.4.4 Oprema

V nadvoz sta vgrajeni za vodo neprepustni dilataciji Savadil 100, kar ustreza pomikom zgornje konstrukcije.

Kot je že omenjeno povezavo med spodnjo in zgornjo konstrukcijo

predstavljajo neoprenska ležišča. Odvodnjavanje nadvoza je izvedeno s talnimi izlivniki na razdalji ca. 8 m in ca. 13 m, glede na širino cestišča. Tudi v tem primeru je odvodnjavanje izlivnikov in cevi za pronicačo vodo navezано po litoželeznih ceveh na sistem odvodnjavanja AC. Cevi za meteorno vodo imajo premer 200 mm, za pronicačo vodo pa 100 mm.

Na hodniku je na zunanjem robu vgrajena cevna pocinkana ograja višine 100 cm, ki pa se z zaščitno mrežo poviša na 2 m v območju cestišča na avtocesti. Ob vozišču pa je na robnem hodniku nameščena še pocinkana enojna jeklena distančna ograja.

Na ločilnem pasu pa je postavljena dvojna pocinkana jeklena distančna ograja.

## LITERATURA

- Pötzl M., Schlaich J. : *Robust Concrete Bridges without Bearings and Joints*

- Wolfgang Rossner : *Brücken aus Span beton-Fertigteilen*



*Vsem  
slovenskim  
gradbenikom*

*želimo*

*srečno in uspešno  
leto 1999!*

ZVEZA DRUŠTEV  
GRADBENIH  
INŽENIRJEV IN TEHNIKOV  
SLOVENIJE

JOŽE DROBEŽ: Projektiranje in izvedba opornega zidu

# PROJEKTIRANJE IN IZVEDBA OPORNEGA ZIDU IN PILOTNE STENE OZ-06 NA AVTOCESTNEM ODSEKU VRANSKO - BLAGOVICA

## DESIGN AND CONSTRUCTION OF RETAINING WALL AND PILE WALL OZ-06 ON THE MOTORWAY SECTION VRANSKO - BLAGOVICA

UDK 625.711.3 : 625.745

JOŽE DROBEŽ

### POVZETEK

V članku je opisano projektiranje in izvajanje 240 m dolgega in 10.5 m visokega opornega zidu in pilotne stene **OZ 06** na avtocestnem odseku Vranksko - Blagovica. Pozornost je posvečena izrazito neugodnim geomehanskim razmeram na lokaciji objekta. Podrobneje so opisani tudi problemi, na katere smo naleteli pri izvedbi objekta in posledica katerih je bilo tudi delno preprojektiranje oporne konstrukcije. Na kratko so opisane tudi meritve, ki smo jih izvajali med gradnjo. Ker zid ni v celoti zgrajen, še ni možno podati končne ocene o objektu.

### SUMMARY

Design and construction of 240 metres long and 10.5 metres high retaining wall and pile wall **OZ 06** on the motorway section Vranksko - Blagovica is described in the present article. Attention has been paid to extremely unfavourable soil mechanics conditions at the project location. In greater detail, problems occurring during construction, as well as the modifications of the retaining structure design as a consequence of those problems are described. In short, measurements performed during construction are described as well. Since the construction of the wall has not yet been completed, a final appraisal on the project can not be presented at this moment.

Naročnik: DARS d.d. Projektant : GRADIS Biro za projektiranje Maribor d.o.o. , Izvajalec: GRADIS Gradbeno podjetje Celje in GRADIS Nizke gradnje Maribor, Nadzor: DDC d.o.o.

Avtor:  
Jože DROBEŽ, dig



**GRADIS** PROJEKTIVNI BIRO  
MARIBOR d.o.o.  
Lavričeva 3, 2000 Maribor

## LOKACIJA OBJEKTA

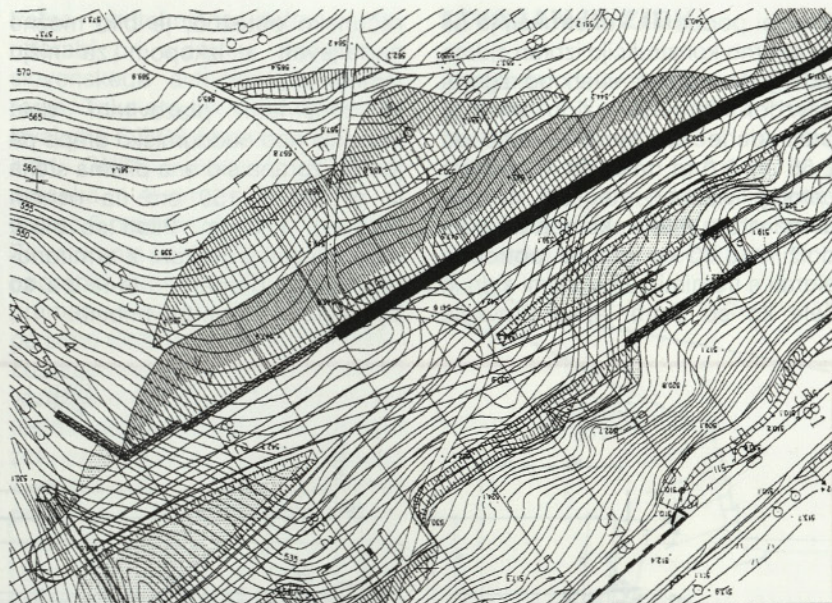
Oporni zid in pilotna stena **OZ 06** sta locirana na območju hriba Vobelk, ko se trasa avtoceste po izhodu iz predora Trojane na približno 250 m dolgem odseku vkoplje v strmo pobočje in v nadaljevanju z viaduktom Šentožbolt premosti dolino reke Radomlje. Zid poteka levo ob avtocesti, gledano v smeri Trojane - Ljubljana.

## TERENSKÉ RAZMERE IN GEOLOŠKA ZGRADBA TAL

Izvedene sondažne vrtine in geološko kartiranje v fazi predhodnih raziskav je pokazalo, da so inženirsko geološke razmere na mestu izgradnje zidu **OZ 06** dokaj slabe.

Na celotnem pobočju so bili ugotovljeni številni aktivni in fosilni plazovi. Poleg tega je bilo opaženih precej izvirov, ki dodatno namakajo labilno zemljinu.

Osnovo začetnega dela prostora zidu tvorijo permokarbonske skrilave kamnine. Zaradi delovanja močne tektonike je hribina še v veliki globini močno pregnetena in razpada v lističast glinast grušč ter meljno glino. Pretežen del zidu pa je temeljen v plasti srednje permijских klastitov značilno vijoličaste barve. V



Situacija OZ 06 - izvedeno stanje

sestavi prevladuje kremenov peščenjak, ki je zdrobljen v gost peščen grušč ter pesek. Plasti manj razpokane zemljine so zelo redke. Meteorna voda hitro ponikne v porozne gruščice ter se pretaka po razpokanih peščenjakih proti dolini.

## GRADBENI PROJEKT OPORNEGA ZIDU

Kot osnova za izdelavo gradbenega projekta opornega zidu in pilotne

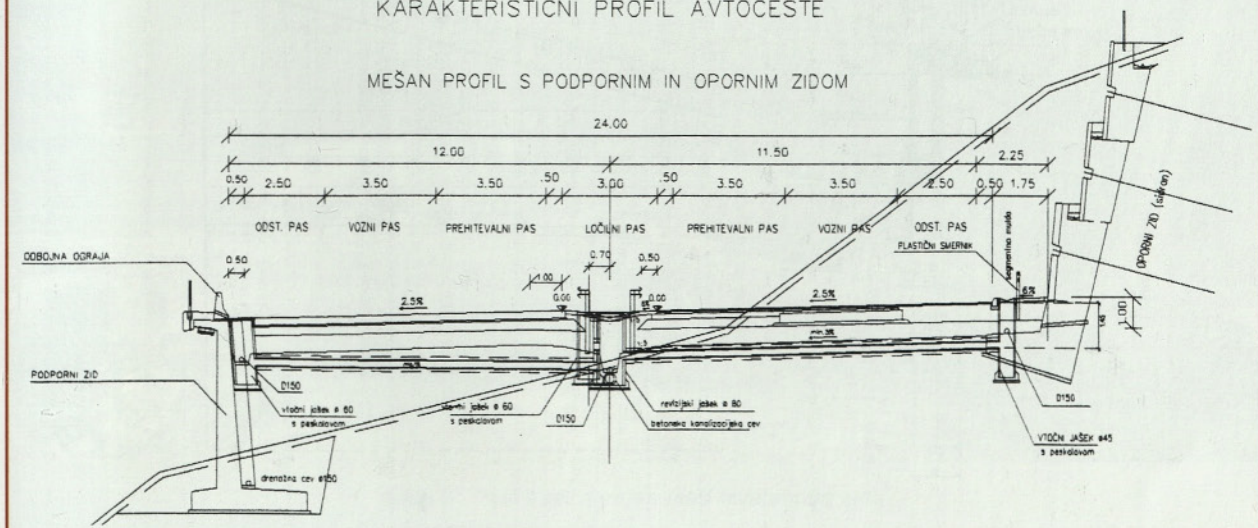
stene je služil izvedbeni projekt ceste, ki ga je izdelal PNG Ljubljana. Geomehanske podatke s predlogom temeljenja pa so pripravili na Gradbenem inštitutu ZRMK Ljubljana.

Na spodnji sliki je prikazan karakteristični profil avtoceste na mestu opornega zidu.

Na osnovi poznane geometrije zidu, zahtev arhitekta - krajinarja, geomehanskih karakteristik zaledne hribine in izkušenj pri projektiranju in

## KARAKTERISTIČNI PROFIL AVTOCESTE

### MEŠAN PROFIL S PODPORNIM IN OPORNIM ZIDOM



JOŽE DROBEŽ: Projektiranje in izvedba opornega zidu

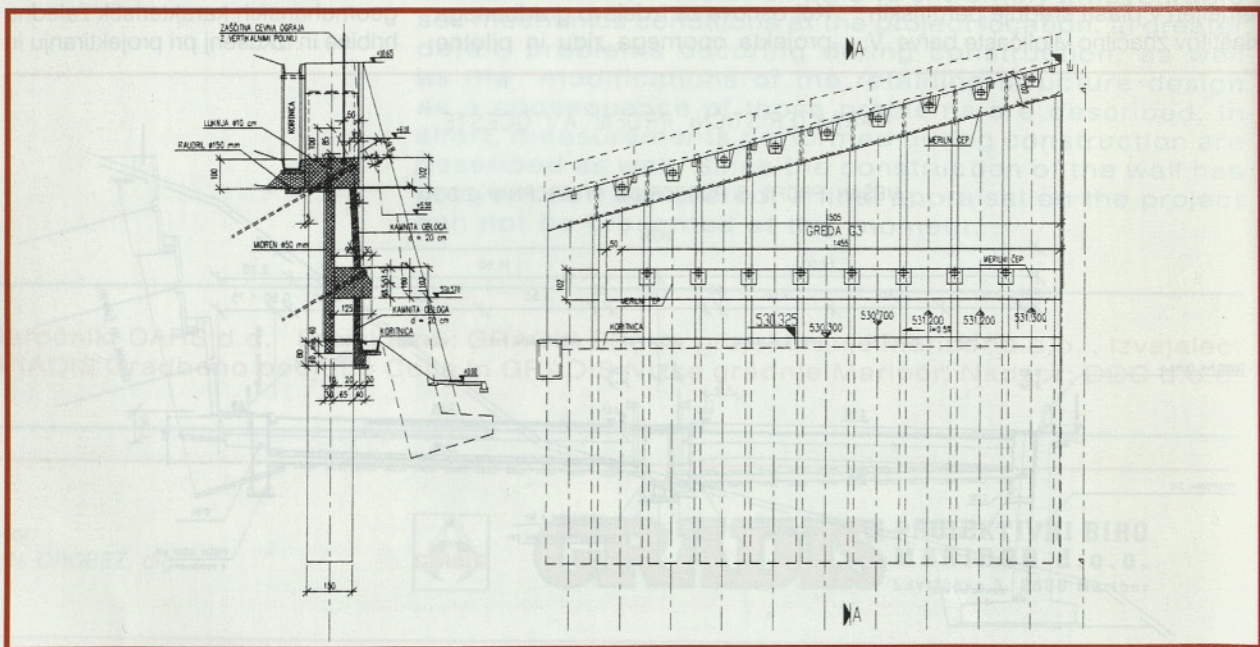
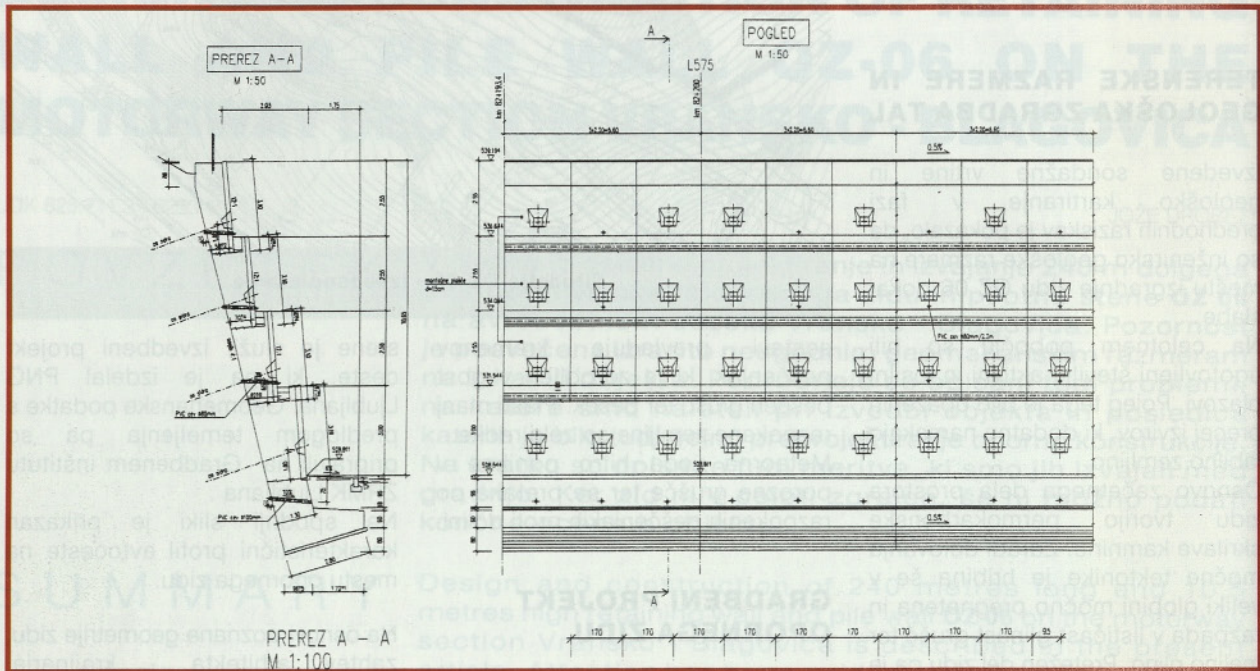
izvedbi podobnih konstrukcij je bil za oporno konstrukcijo izbran sidran zid, grajen po lamelah od zgoraj navzdol. Po višini zidu so bile predvidene štiri lamele višine od 2.55 do 3.0 m, tako da je znašala celotna višina zidu 10.5 m nad avtocesto. Vsako kampado zidu dolžine 6.60 m je bilo potrebno sidrati s trajnimi zemeljskimi sidri in šele ko so sidra lahko prevzela

računsko obtežbo, je bilo možno nadaljevati z izkopom za nižjo lamelo.

V začetnem plazovitem delu pobočja nad hudourniško grapo pa je bila izbrana sidrana pilotna stena iz pilotov  $\phi$  150 cm na osnem razmaku 170 cm. Piloti so bili v dveh nivojih povezani z armiranobetonskimi gredami, le-te pa so bile sidrane v zaledno hribino.

Projekt za pridobitev gradbenega dovoljenja je bil izdelan decembra 1996 in nato po ustaljenem postopku revidiran na DDC in FGG - katedra za mehaniko tal.

Na spodnjih slikah sta prikazana značilna prereza in pogleda opornega zidu in pilotne stene iz projekta za pridobitev gradbenega dovoljenja.



## TRAJNA GEOTEHNIČNA SIDRA

Zelo pomemben element za zagotavljanje stabilnosti opornega zidu in pilotne stene v fazi gradnje in fazi uporabe so trajna geotehnična sidra. Hkrati je to tudi zelo občutljiv člen, ki zahteva že med projektiranjem in nato še posebej med izvedbo zelo pazljivo obravnavo, sicer lahko pride do poškodb in do pospešene korozije prednapetega jekla.

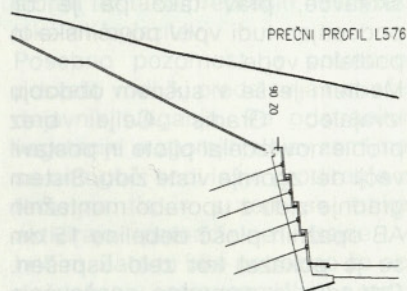
Da bi se zagotovila kar največja kvaliteta in trajnost vgrajenih sider, je bilo že pred začetkom projektiranja zahtevano s strani naročnika, da se mora prednapenjanje sider in antikorozijsko zaščito izvajati skladno s predpisi SIA 191 iz januarja 1996.

Gradis se je odločil, da razvije svoje

trajno geotehnično sidro in ga uporabi pri sidranju objektov iz slovenskega avtocestnega programa. Tako sta bili pred začetkom izvajanja OZ-06 že pripravljene dve sidri - GNSS-4 z največ 3 prameni preseka  $1.4 \text{ cm}^2$  in GNSS-7 z največ 6 prameni preseka  $1.4 \text{ cm}^2$ . Za sidranje opornega zidu smo uporabili sidro GNSS-4 s tremi prameni, za sidranje pilotne stene pa sidro GNSS-7 s štirimi prameni. Zunanjo nosilnost sidra in dolžino veznega dela smo določili na osnovi testnih sider, izvedenih na lokaciji zidu oziroma pilotne stene. Skladno z zahtevami v geomehanskem poročilu in z opravljenimi stabilnostnimi analizami pa so bile izbrane proste dolžine sider 12.0 m. Da bi lahko nadzorovali gibanje sil v sidrih tudi v kasnejšem obdobju, smo predvideli 5% kontrolnih oziroma merilnih sider.

## IZVAJANJE ZIDU

Z izgradnjo zidu in pilotne stene se je pričelo konec poletja 1997. Najprej je izvajalec del na trasi odstranil drevje in grmovje in s širokim izkopom odstranil peperski sloj višine ca. 6 m do krone zidu (glej spodnji prečni profil).



Brežino je oblikoval v nagibu 1:2 in v sušnem vremenu je ostalo pobočje stabilno. Ob pričetku jesenskega



Slika 1: Posnetek narejen med izvajanjem zidu

JOŽE DROBEŽ: Projektiranje in izvedba opornega zidu

deževja pa so se pričele kazati lokalne splazitve pobočja in pokazalo se je, da je nagib 1:2 prestrm. Hkrati je bilo to tudi prvo opozorilo, da so karakteristike zemljine iz geomehanskega poročila preoptimistične in da poročilo ni dovolj upoštevalo vpliva razbremenitve na permokarbonske skrilavce, prav tako pa je bil podcenjen tudi vpliv površinske in podtalne vode.

Medtem je še v sušnem obdobju izvajalec Gradis Celje brez problemov izdelal pilote in postavil večji del zgornje vrste zidu. Sistem gradnje zidu z uporabo montažnih AB opažnih plošč debeline 15 cm se je pokazal kot zelo uspešen. Odpadlo je zamudno opaževanje zidu, hkrati pa kakovostno izdelane plošče zagotavljajo tudi trajnost in estetski izgled zidu.

Ko pa so na gradbišču postavili kampado zidu v nadaljevanju pilotne stene (profil L577), je bilo pobočje že toliko razmočeno, da je zaradi povečanih pritiskov zemljine prišlo do rotacije novozgrajenega

zidu. Tudi sidranje zidu teh rotacij ni zaustavilo. Poleg tega so inklinometri, postavljeni na pobočju za zidom, pokazali premike v globini ca. 12 m, kar je kazalo na začetek plazjenja tudi na tem območju hriba. S tem je postala vprašljiva tudi sama izbrana konstrukcija in pričelo se je razmišljati o podaljšanju pilotne stene tudi v to kritično plazovito področje (do profila L 577).

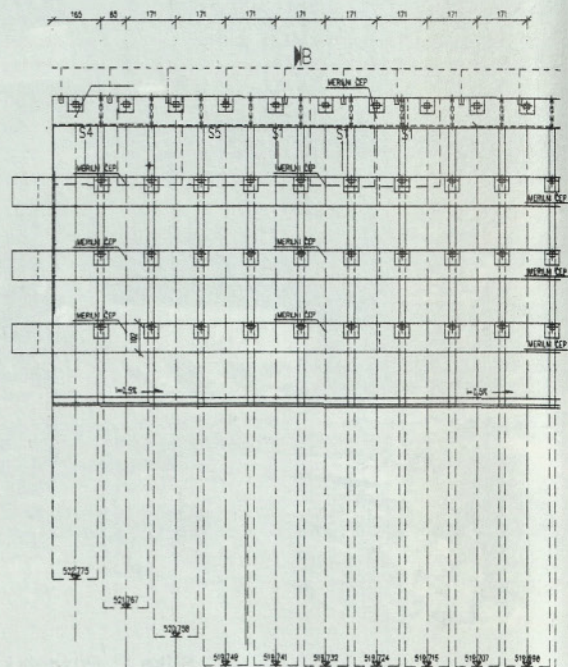
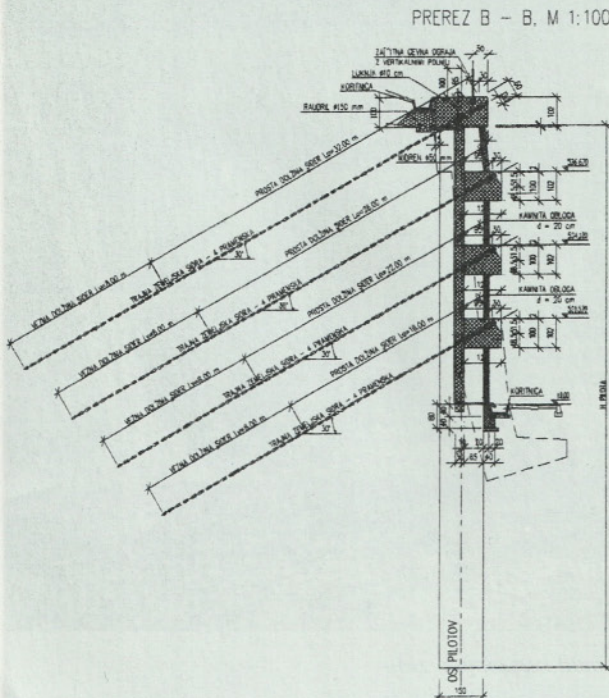
Na temelju vseh opažanj je bil sprejet sklep, da se izdelava novo geomehansko poročilo, ki bo povzelo vse ugotovitve, dobljene med gradnjo zidu kakor tudi prejšnja spoznanja z objektov, grajenih v permokarbonskih hribinah.

Novo revidirano geomehansko poročilo je potrdilo opažanja na terenu, da izvedba sidranega zidu na tem plazovitem področju dolžine ca. 40 m ni možna in da je potrebno preveriti možnost izvedbe sidrane pilotne stene. Po opravljenih statičnih analizah z novimi vhodnimi podatki (klasičen izračun pilotne

stene in sodoben izračun z metodo končnih elementov na FGG - Katedra za mehaniko tal) je bilo potrjeno, da se da izvesti pilotno steno, vendar pa mora biti ta po višini štirikrat sidrana. Tudi dolžine prostega dela sider so se morale bistveno povečati in tako so bila sidra v zgornji gredi dolga kar 40 m. Kot dodatni ukrep, ki naj bi prispeval k stabilnosti objekta, je bila predvidena tudi ublažitev nagiba zaledne brežine in izvedba globokih kamnitih drenažnih reber v pobočju za pilotno steno.

Na podlagi vseh opisanih analiz smo nato izdelali nov projekt pilotne stene v območju profilov L577 do L577 (glej situacijo). Prečni prerez in pogled nove sidrane pilotne stene je prikazan spodaj.

Po tako dopolnjenem projektu je bila pilotna stena tudi izvedena. Ker pri izkopu za pilote na predvideni globini nismo našli na kompaktno osnovo, smo pilote v srednjem delu stene podaljšali do globine 10 m pod končno nivoletu



ceste. Tako so bili najdaljši piloti dolgi 20 m, kar je za ta teren predstavljalo že skrajno dolžino izvedljivosti. Že pri tej globini so bili pritiski zemljine tako veliki, da je bilo še komaj mogoče izveči jekleni opaž.

## MERITVE NA OBJEKTU

Ves čas gradnje so se na zidu in pilotni steni vsak teden opravljale geodetske meritve, meritve sil v merskih sidrih ter meritve deformacij v inklinometrih, postavljenih na pobočju oziroma vgrajenih v pilotih. Z geodetskimi meritvami smo lahko zaznali le pomike konstrukcije velikostnega reda 1 cm, kar je premalo povedalo o obnašanju konstrukcije. Odčitavanje velikosti sidrskih sil v merskih sidrih nam je dajalo zelo natančne podatke o

naraščanju sil, kar je bilo posledica delovanja hribinskih pritiskov. Prav tako so bili zelo koristni tudi podatki, pridobljeni z inklinometri. Še zlasti so nam pomagali podatki o deformacijah pilotov, ki smo jih dobili s pomočjo inklinometrov, vgrajenih v pilote.

## SKLEPI

Težave, s kakršnimi smo se srečali pri izvedbi OZ-06, opozarjajo, da je potrebno v tako zapletenih terenskih razmerah posvetiti še večjo pozornost predhodnim geološko-geomehanskim raziskavam. Z njimi je potrebno ugotoviti čimbolj realne parametre za statično analizo objekta in se po možnosti izogniti neljubim presenečenjem med gradnjo.

Tudi pri sami izvedbi podpornih in opornih konstrukcij v tako zahtevnih razmerah je potrebno ukrepati previdno. Vsakim širokim izkopom, ki pripeljejo do hitre razbremenitve hribinske osnove, se je potrebno izogniti. Izkope je potrebno opraviti v čimmanjšem obsegu in takoj zgraditi oporno konstrukcijo in jo sidrati ter tako preprečiti nastanek lokalnih splazitev.

Posebno pozornost je potrebno posvetiti vodi, ki predstavlja največji dejavnik tveganja. Po odstranitvi vegetacije in zgornjih slojev zemljine se omogoči vodi lažje prodiranje v temeljna tla in s tem se lahko aktivirajo potencialne drsine v hribini. Zato bi bilo potrebno že ob načrtovanju ceste razmišljati o tem, kako se izogniti velikim posegom v pobočje nad krono oporne konstrukcije (eventualen dvig nivele).



Slika 2: Posnetek izvedenega zidu

## LITERATURA

PZI projekt ceste, PNG Ljubljana

PGD - PZI geološko - geomehansko poročilo o sestavi tal, pogojih temeljenja in dimenzioniranja sidranega opornega zidu in pilotne stene OZ 06, na AC odseku Vransko - Blagovica, GI ZRMK

PGD - PZI projekt opornega zidu in pilotne stene OZ 06, GRADIS Biro za projektiranje Maribor in IBT Konstrukcije Trbovlje

GRADIS NOVA: Protihrupne ograje v montažni izvedbi

# PROTIHRUPNE OGRAJE V MONTAŽNI IZVEDBI TIP GRADIS NOVA

## ANTI-NOISE FENCES CARRIED OUT OF PRE-FABRICATED ELEMENTS TYPE GRADIS NOVA

UDK 625.711.3 : 625.745 : 699.844

GRADIS NOVA

### POVZETEK

S pospešeno gradnjo avtocestnega križa se je v Sloveniji začela večja pozornost namenjati tudi varovanju okolja pred hrupom, ki ga povzroča promet. Problem je toliko večji, ker trase avtocest pri nas pogosto potekajo v neposredni bližini naselij. Na takšnih območjih je predvidena postavitev protihrupnih ograj.

### SUMMARY

With accelerated construction of the motorway cross in Slovenia greater attention to the protection of the environment against noise, caused by the traffic, has been given. The problem is getting more and more serious, because laying-outs of motorways often run close to populated areas. In areas like this, the anti-noise fences are foreseen.

Avtor:

# GRADIS NOVA

Gregoračeva 28  
2000 Maribor

## 1. UVOD

Za posamezne odseke avtocest so doslej pripravljali posebne projekte protihrupnih ograj. V mariborskem podjetju GRADIS NOVA smo kot nadgradnjo obstoječih sistemov skonstruirali protihrupno ograjo v montažni izvedbi. Zaradi univerzalnosti je primerna za vsestransko uporabo, ne glede na konfiguracijo terena, sestavo tal in lokacijo oziroma lego ograje.

## 2. KONSTRUKCIJA OGRAJE

Protihrupna ograja v montažni izvedbi je predvidena za postavitev





zunaj cestišča, praviloma namesto varovalne aluminijaste žične ograje. Sestavljena je iz montažnega armiranobetonskega temelja, montažne armiranobetonske deske (kaskadne ali linijske), nosilnega jeklenega profila "I", vgrajenega v temelj (za desko in polnilo) in iz protihrupnega panela.

Pri protihrupnih ograjah je treba posebno pozornost nameniti obremenitvi zaradi vetra. V podjetju GRADIS NOVA izdelujemo protihrupne ograje za I. vetrno cono, za III. pa jo projektiramo. Pri projektiranju univerzalnega sistema protihrupnih ograj smo upoštevali vetrno cono, višino ograje in vrsto tal ob privzetem vzdolžnem rastru štiri metre ter vrsto protihrupnega polnila.

Protihrupne ograje v montažni izvedbi se v rastru štirih metrov lahko izvedejo do višine štirih metrov, za večje višine pa se privzame vzdolžni raster tri metre. Velikost montažnih točkovnih temeljev se opredeli na višino ograje in glede na vrsto protihrupnih polnil (les, kovina, velox, beton). Stabilnost sistema ograj v montažni izvedbi tip GRADIS NOVA je

opredeljena v tipskem projektu protihrupnih ograj.

### 3. MONTAŽNE OGRAJE

Za namestitev protihrupne ograje v montažni izvedbi je potrebno pripraviti tla, kamor se na primer z avtodvigalom postavijo predfabricirani betonski temelji, se vanje vgradijo profili "I" ter vezne deske, nato pa se vstavijo protihrupna polnila. Montaža elementov se lahko izvede z avtocestne ali zunanje strani, odvisno od možnosti dostopa.

Za območja, kjer ni mogoča montažna izvedba (predvsem dostop avtodvigala za nameščanje predfabriciranih temeljev in desk), je predviden polmontažni sistem, to sta ročen izkop in betoniranje pilotnih temeljev na kraju samem. Tako se lahko celotna ograja postavi brez uporabe težke mehanizacije, še vedno pa ima vse zahtevane karakteristike. To je še posebej pomembno na težko dostopnih terenih oziroma takrat, ko

se ograja postavlja šele takrat, ko po avtocesti že poteka promet.

### 4. PROTIHROPNA POLNILA

Glede na zahteve naročnika se lahko uporabijo različna protihrupna polnila (lesena s protihrupno sredico, paneli s kovinskim oplaščanjem, protihrupni paneli tipa velox, betonski protihrupni elementi ipd.), tako da se videz ograje sklada z okoljem.

### 5. SKLEP - VISOKA KAKOVOST

Vsi elementi montažne protihrupne ograje so tipizirani (verificiral jih je tudi DDC), zato se lahko doseže zahtevana kvalitetna raven. Ker so cene elementov znane, zemeljska dela zelo poenostavljena, montaža pa preprosta, je lažja tudi določitev realnih stroškov za njeno postavitvev. Ograja, ki je seveda primerna tudi za postavitvev ob "navadnih" cestah in ob železniških progah, se lahko postavi v zelo kratkem času, je pa tudi cenovno ugodna.



GRADIS SPO: Tehnologija globokega temeljenja na zabutih pilotih

# GRADISOVA TEHNOLOGIJA GLOBOKEGA TEMELJENJA NA ZABITIH PILOTIH

## GRADIS'S TECHNOLOGY OF DEEP FOUNDATION USING DRIVEN PILES

UDK 624.154

MIROSLAV OGRIZEK

### POVZETEK

Prispevek opisuje razvoj tehnologije globokega temeljenja na zabutih pilotih v GRADIS-u od prvih začetkov v šestdesetih letih do danes. V prispevku je podan predvsem poudarek na mehanizaciji za transport in zabijanje pilotov, opremi za predhodne raziskave terena ter opremi za meritve nosilnosti in zveznosti pilotov.

### SUMMARY

The article describes the development of the deep foundation technology using driven piles in the GRADIS company from the first starts in the '60s until today. The main emphasis in the article is laid, first of all, on the machinery for the transport and driving of piles, equipment for preliminary field investigation and equipment to execute measurements of bearing capacity and integrity of piles.

Avtor:

Miroslav OGRIZEK, inž. str.

GRADIS SPO, d.d.

Šmartinska 32

1000 Ljubljana



# GRADIS

STROJNO PROMETNA OPERATIVA d.d.  
1001 Ljubljana, Šmartinska 32, p.p. 3114

## 1. UVOD

GRADIS je že v šestdesetih letih pričel izvajati globoko temeljenje na slabo nosilnih tleh s tehnologijo zabijanja pilotov. Prvi koraki so bili narejeni v Luki Koper pri izgradnji obal za pristajanje ladij. Tehnologija je slonela na zabijanju jeklenih profilov in jeklenih cevi do premera  $\approx 508$  mm s preprostimi pnevmatskimi zabijali in improviziranimi vodili. V sedemdesetih letih so bila nabavljena prva dieselska zabijala predvsem za izgradnjo vse zahtevnejših objektov v Luki Koper. V začetku osemdesetih let je izgradnja vse zahtevnejših objektov zahtevala resnejši razvoj tehnologije

globokega temeljenja na zabutih pilotih. Najprej je bila skonstruirana in izdelana oprema za zabijanje jeklenih pilotov s pontona, sledil je razvoj opreme za zabijanje na kopnem, razvoj tehnologije za izdelavo in zabijanje betonskih pilotov različnih prerezov in oblik ter ne nazadnje nabava opreme za raziskavo terena in opreme za meritve nosilnosti in zveznosti pilotov.

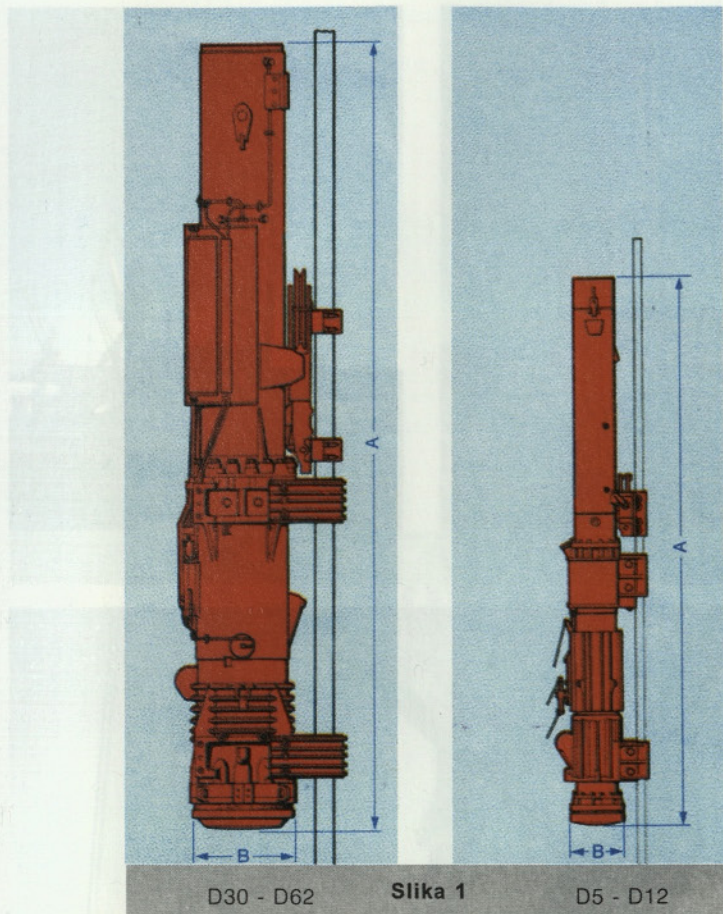
## 2. ZABIJALA IN NOSILNI STROJI

-Pnevmatska zabijala: Zanje je značilno zelo preprosto rokovanje,

razmeroma velika vzdržljivost, vendar so energijsko zelo potratna z neugodnim zelo koncentriranim prenosom energije v objekt zabijanja.

-Dieselska zabijala: Značilnost dieselskih zabijal je nekoliko zahtevnejše rokovanje, izredno velika energijska učinkovitost, ugoden prenos energije v objekt zabijanja, je pa regulacija energije pri zabijanju v zelo mehke zemljine težavna.

Do konca osemdesetih let je bila v GRADISu Strojno prometna operativa (SPO) nabavljena celotna paleta dieselskih zabijal kot je prikazano na sliki 1.



Slika 1

Tip zabijala	D5	D12	D30	D36	D46	D62	
Delovna teža	kg	1240	2750	5960	8050	9050	12880
Teža bata	kg	500	1250	3000	3600	4600	6200
Štev. udarcev	min <sup>-1</sup>	42-60	42-60	38-52	37-52	37-52	35-50
Energija na udarec	Nm	12500	31250	91000	115000	146000	223200
Teža pilota do	kg	1500	4000	8000	10000	15000	25000

-Hidravlična zabijala: Zanje je značilna zelo dobra regulacija energije, so pa za enako učinkovitost nekoliko težja od dieselskih.

-Nosilni stroji: V sedemdesetih letih so se pri uporabi zabijal uporabljala improvizirana vodila. Proizvajalci zabijal niso proizvajali nosilnih strojev, ampak samo vodila, ki so se montirala na klasična dvigala goseničarje, pri zabijanju s plovnih objektov pa so bila vodila sprojektirana in izdelana za vsak primer posebej po zahtevah izvajalca in niso bila univerzalna.

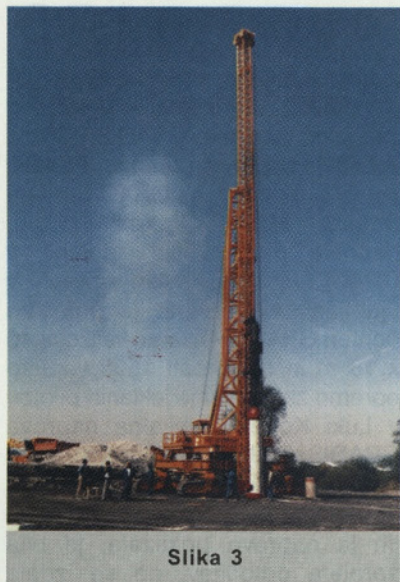
Slika 2



Zaradi potreb po kakovostnejšem, varnejšem, hitrejšem in racionalnejšem zabijanju smo se v GRADIS-u odločili, da izdelamo ustrezno zabijalno napravo GRADIS P34 za zabijanje pilotov s pontona. Projekti so bili izdelani v GRADIS-ovem Strojno konstrukcijskem biroju, naprava pa je bila izdelana v GRADIS-ovih kovinskih obratih v Ljubljani. Na sliki 2. je prikazan ponton GRADIS Ankaran velikosti 40 m x 18 m in nosilnosti 1500 t z vso opremo za zabijanje jeklenih pilotov v Luki Koper. Zabijalna naprava GRADIS P 34 je na desni strani pontona.

Zaradi izredno dobrih rezultatov, ki jih je naprava pokazala, je bila sprejeta odločitev, da se izdelava gosenično podvozje tako, da je bilo možno zabijanje največjih pilotov na kopnem. Zaradi boljše stabilnosti je podvozje izdelano s štirimi gosenicami z dodatnimi podpornimi stabilizatorji za zabijanje pri maksimalnem nagibu 1:2. Tehnične karakteristike naprave so v primerjavi z vodili montiranimi na standardne bage goseničarje bistveno boljše. Za zabijanje enako težkih in enako dolgih pilotov je ta naprava za ca. 2,5 krat lažja in omogoča zabijanje pod nagibom do 1:2 v primerjavi s standardnimi bagri, ki omogočajo zabijanje pod nagibom do 1:3.

## GRADIS SPO: Tehnologija globokega temeljenja na zabutih pilotih



Slika 3



Slika 4



Slika 5

Tehnične karakteristike naprave GRADIS G 34, prikazane na slikah 3, in 4, so naslednje:

Delovna teža	88 t
Dolžina vodila	34 m
Maks. dolžina pilota v enem kosu	28 m
Maks. teža pilota	18 t
Nagib vodila nazaj	1:2 (26,6°)
Nagib vodila naprej	1:10 (6°)
Nagib vodila levo - desno	1:10 (6°)
Spec. pritisak na podlago	1,2 kg / cm <sup>2</sup>
Hitrost vožnje	0,8 km / h

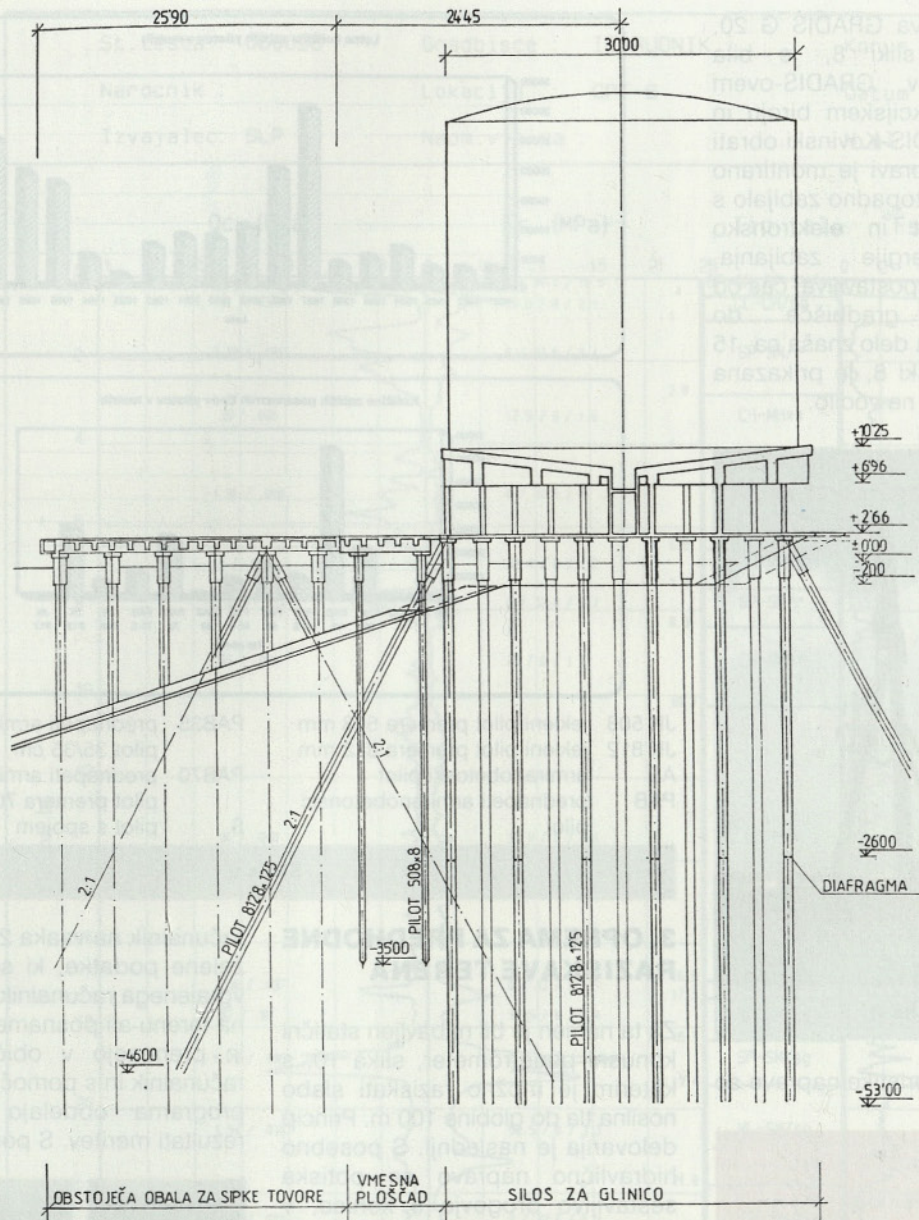
Iz prve izvedbe naprave za zabijanje pilotov na morju s pontona z oznako GRADIS P34 sta nastali verziji GRADIS G34 na goseničnem podvozju za zabijanje na kopnem in GRADIS T34 na tirih za zabijanje na nedostopnih, ali težko dostopnih terenih, kot je opisano v nadaljevanju.

Pri izgradnji Terminala za glinico kapacitete 20.000 ton v Luki Koper je bil GRADIS postavljen pred nov izziv. Potrebno je bilo zabiti jeklene pilote v morsko dno do globine 53 m na neizkoriščeni vodni površini v zaledju obale za razsute tovore in kopnim. Dostop s pontonom ni bil možen, prav tako ni bilo možno zabijanje s kopnega. Tehnološko in organizacijsko je projekt vodil GRADIS Inženiring, operativna dela je izvajal GRADIS Koper, GRADIS SPO je prispeval mehanizacijo, GRADIS-ov Strojno konstrukcijski



Slika 6

## GRADIS SPO: Tehnologija globokega temeljenja na zabutih pilotih



Slika 7

biro pa se je ob pomoči tehnologov in operative ponovno izkazal za izvorno rešitvijo. Nedostopen morski zaliv v zaledju obale za sipke tovore dolžine ca. 50 m in širine 40 m je bil premoščen z nosilci konstrukcije za montažo mostov. Na konstrukcijo je bila montirana zgoraj navedena zabijalna naprava. Vzdolžni premiki so bili izvedeni s potovanjem celotne konstrukcije po žerjavnih progah na obali za sipke tovore in

na kopnem, prečni premiki pa s potovanjem zabijalne naprave po konstrukciji. Na sliki 5 je prikazano zabijanje verticalnih pilotov, na sliki 6, pa poševnih. Na sliki 7, je prikazan prerez celotnega objekta.

Zabijanje je moralo biti izvedeno izredno natančno, saj so se piloti, predvsem poševni, križali s piloti obstoječe obale in dostopnega mosta.

Vzporedno z razvojem tehnologije in opreme za zabijanje jeklenih pilotov je v GRADIS-ovi razvojni službi potekal razvoj celotne tehnologije globokega temeljenja na betonskih pilotih od predhodnih raziskav terena, projektiranja temeljenja, izdelave, transporta in zabijanja pilotov do meritev nosilnosti in zveznosti pilotov in izdelave ustrezne dokumentacije.

GRADIS SPO: Tehnologija globokega temeljenja na zabutih pilotih

Zabijalna naprava GRADIS G 20, prikazana na sliki 8, je bila skonstruirana v GRADIS-ovem Strojno konstrukcijskem biroju in izdelana v GRADIS-Kovinski obrati Maribor. Na napravi je montirano hidravlično prostopadno zabijalo s težo bata 5 t in elektronsko regulacijo energije zabijanja. Naprava je samopostavljiva, čas od prevoza na gradbišče do pripravljenosti na delo znaša ca. 15 - 20 min. Na sliki 8, je prikazana faza dviga pilota na vodilo.

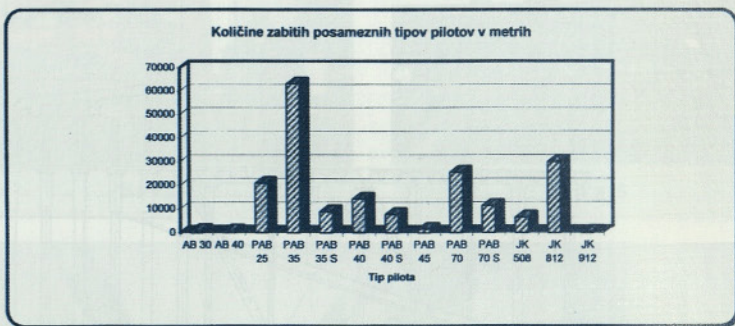
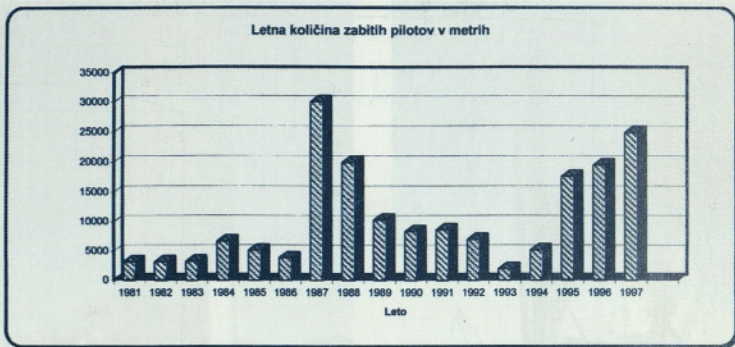


Slika 8

Tehnične karakteristike naprave so naslednje:

Delovna teža naprave	48 t
Dolžina vodila	20 m
Maks. dolžina pilota v enem kosu	15,5 m
Maks. teža pilota	6 t
Nagib vodila nazaj	1:2 (26,6°)
Nagib vodila naprej	1:4 (14°)
Nagib vodila levo - desno	1:10 (6°)
Spec. prit. na podlago	0,6 kg / cm <sup>2</sup>
Hitrost vožnje	2,7 km / h

Zabijanje pilotov izvaja GRADIS SPO. Z zabijalno napravo GRADIS G 34, prikazano na slikah 7, in 8, pilote večjega prereza, z zabijalno napravo GRADIS G 20 pa pilote manjšega prereza. Na sliki 9, so v obliki grafov prikazane letne količine vseh zabutih pilotov in skupne količine posameznih vrst pilotov v obdobju od leta 1981 do 1987.



- |        |                                   |       |   |
|--------|-----------------------------------|-------|---|
| JK 508 | jekleni pilot premera 508 mm      | PAB35 | prednapeti armiranobetonski pilot 35/35 cm      |
| JK 812 | jekleni pilot premera 812 mm      | PAB70 | prednapeti armiranobetonski pilot premera 70 cm |
| AB     | armiranobetonski pilot            | S     | pilot s spojem                                  |
| PAB    | prednapeti armiranobetonski pilot |       |   |

Slika 9

3. OPREMA ZA PREDHODNE RAZISKAVE TERENA

Za ta namen je bil nabavljen statični konusni penetrometer, slika 10, s katerim je možno raziskati slabo nosilna tla do globine 100 m. Princip delovanja je naslednji. S posebno hidravlično napravo se potiska sestavljivo drogovje s konico, v kateri so vgrajena posebna elektronska tipala, v globino. S pomočjo tipal v konici merilca hoda drogovja in merilca sile prodiranja

računalnik na vsaka 2 cm registrira zelene podatke, ki se s pomočjo vgrajenega računalnika obdelajo že na terenu ali posnamejo na disketo in prenesejo v običajen osebni računalnik in s pomočjo ustreznega programa obdelajo in izpišejo rezultati meritev. S pomočjo tako

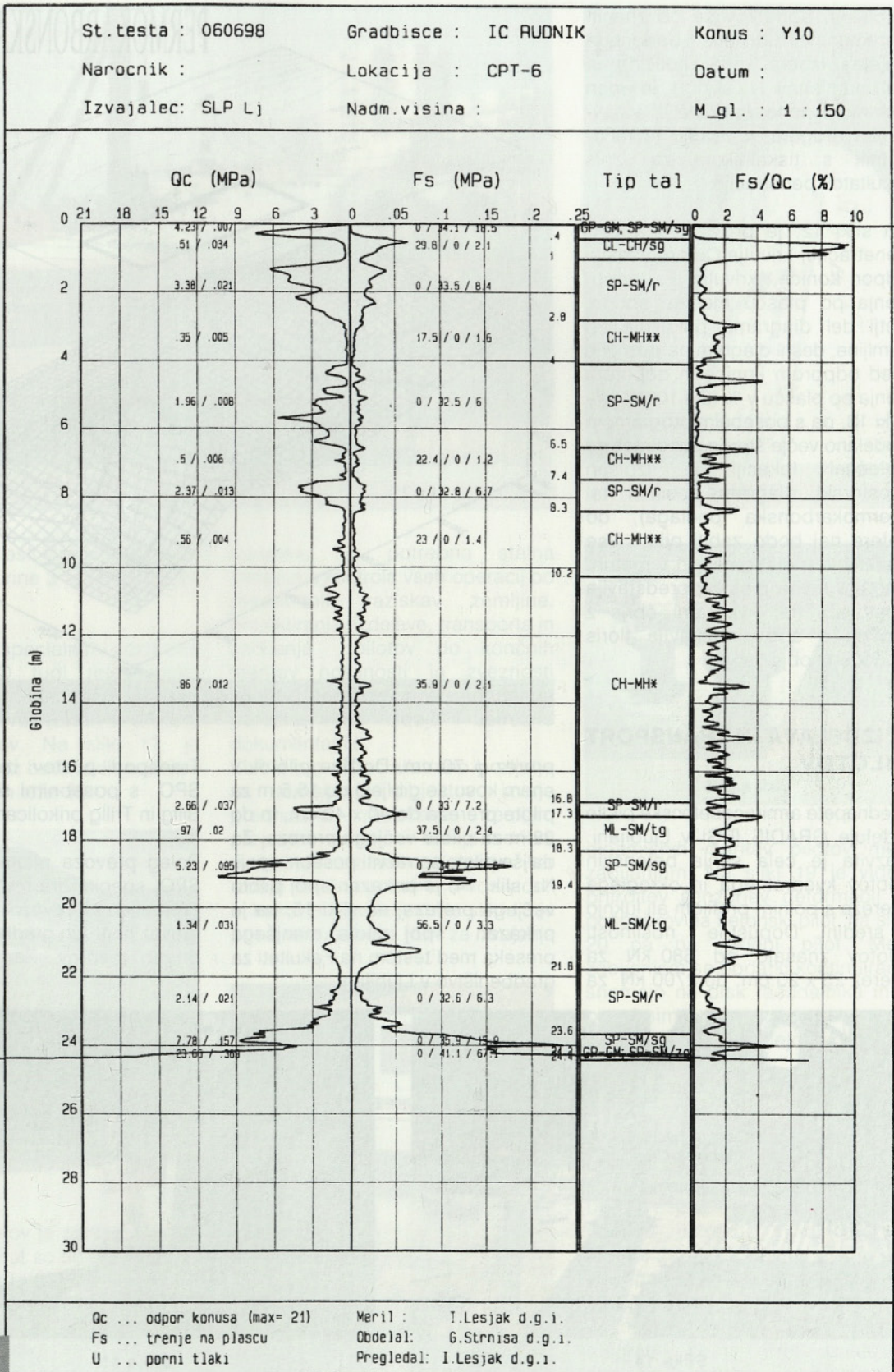


Slika 10



Slika 11

## GRADIS SPO: Tehnologija globokega temeljenja na zabatih pilotih



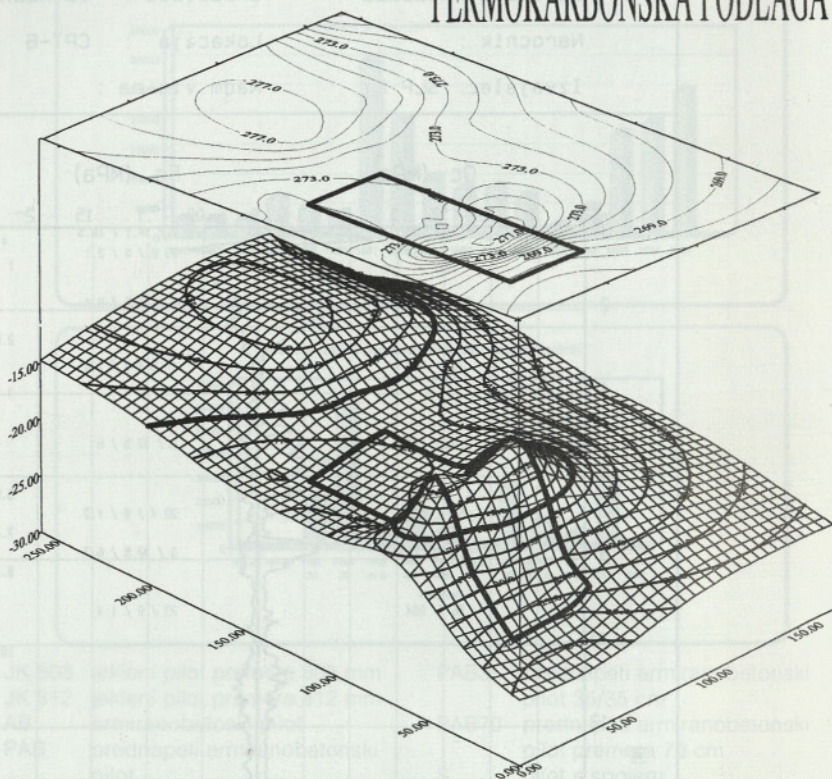
Slika 12

## GRADIS SPO: Tehnologija globokega temeljenja na zabatih pilotih

dobljenih podatkov se ob znanih obremenitvah in tlorisu bodočega objekta izbere vrsta, količina in dolžina pilotov. Na sliki 11, je viden del hidravlične naprave z vstavljenim drogom, v ozadju je računalnik s tiskalnikom za izpis rezultatov penetracije.

Na sliki 12, je prikazan diagram penetracije, krivulja  $Q_c$  predstavlja odpor konice, krivulja  $F_s$  odpor trenja po plašču merilne sonde, tretji del diagrama prikazuje tip zemljine, desni diagram pa razmerje med odporom konice in odporom trenja po plašču v % (0 – 100%). Na sliki 13, pa s posebnim programom obdelano večje število penetracij na določeni lokaciji in izpisan prostorski diagram nosilnih tal (permokarbonska podlaga), do katere naj bodo zabiti piloti. Vse dimenzije v diagramu so v metrih. Zgornja ravna ploskev predstavlja obstoječa tla, kvadratni obris z močnejšo črto predstavlja tloris bodočega objekta.

## PERMOKARBONSKA PODLAGA



Slika 13

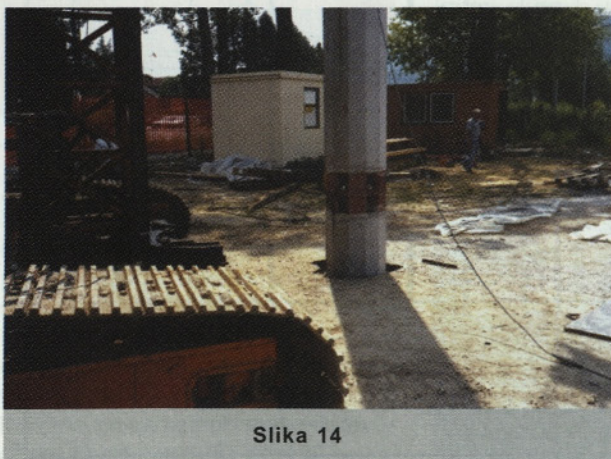
#### 4. IZDELAVA IN TRANSPORT PILOTOV

Prednapete armiranobetonске pilote izdeluje GRADIS IPGI v Ljubljani. Razvita je cela serija betonskih pilotov kvadratnega in okroglega prereza s polnim profilom ali luknjo v sredini. Dopustne nosilnosti pilotov znašajo od 680 kN za prerez 25 x 25 cm, do 2700 kN za

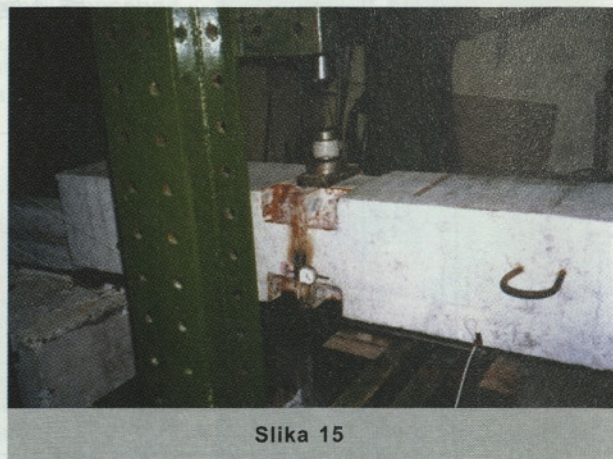
prerez  $\phi$  70 cm. Dolžine pilotov v enem kosu se gibljejo do 15,5 m za pilote prereza do 40 x 40 cm, in do 28 m za pilote večjega prereza. Za daljše pilote so razviti posebni spoji. Na sliki 14, je prikazan spoj pilota večjega prereza, na sliki 15, pa je prikazan spoj pilota manjšega preseka med testom na Fakulteti za gradbeništvo v Ljubljani.

Transport pilotov izvaja GRADIS SPO s posebnimi samokrmilnimi Bilig in Trilig prikolicami, slika 16.

Poleg prevoza pilotov je GRADIS SPO specializiran in zelo dobro opremljen s prevoznimi sredstvi za prevoz najtežjih gradbenih strojev in drugih tovorov. Za ta namen je



Slika 14



Slika 15





Slika 16

nabavljen sedlasti vlačilec in 5-osna polprikolica širine 3 m in nosilnosti 72 t.

Med ostalimi specialnimi vozili ima GRADIS SPO tudi teleskopsko polprikolico in več Bilig in Tlilig prikolic za prevoz težkih in izredno dolgih tovorov. Na sliki 17, je prikazan prevoz betonskih nosilcev dolžine 30 m in teže 50 t.



Slika 17

## 5. OPREMA ZA MERITVE NOSILNOSTI IN ZVEZNOSTI PILOTOV

Zabijanje pilotov je zahtevno delo, katerega rezultat so ob upoštevanju določenih kriterijev in pogojev izredno kakovostni temelji za vse vrste zahtevnih objektov na slabonosilnih tleh.

Da je temeljenje res kakovostno

izvedeno, je potrebna stalna medfazna kontrola vseh operacij od predhodnih raziskav zemljine, projektiranja, izdelave, transporta in zabijanja pilotov do končnih meritev nosilnosti in zveznosti pilotov ter izdelave končnega poročila in izdaje ustrezne dokumentacije.

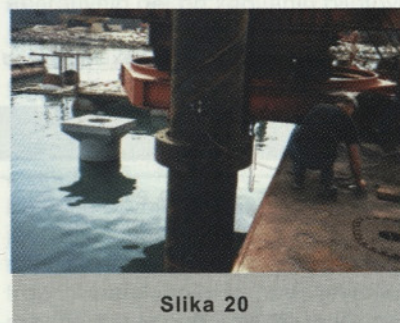
SLP d.o.o. Specializirano podjetje za temeljenje objektov izvaja predhodne raziskave zemljin, projektira temelje in izvaja meritve zveznosti in nosilnosti pilotov ter izdaja končna poročila o nosilnosti in kakovosti temeljev. Na sliki 18 je prikazana naprava PDA za izvajanje



Slika 18



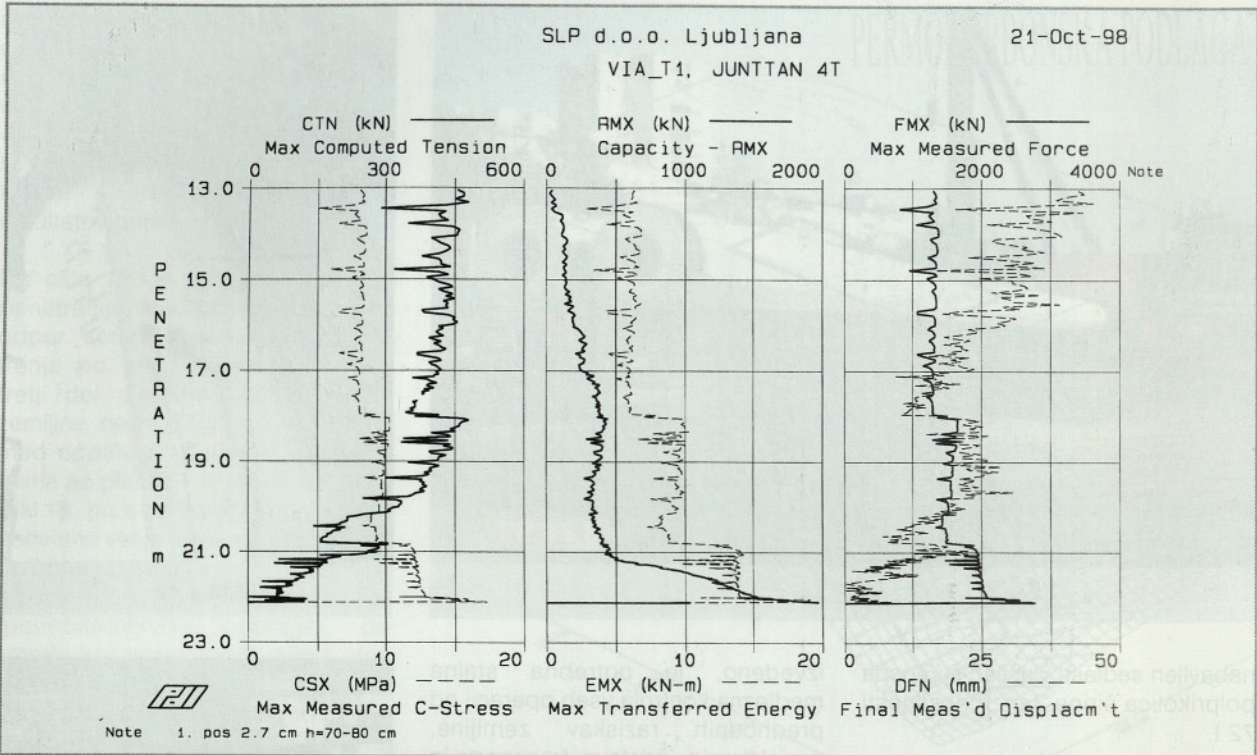
Slika 19



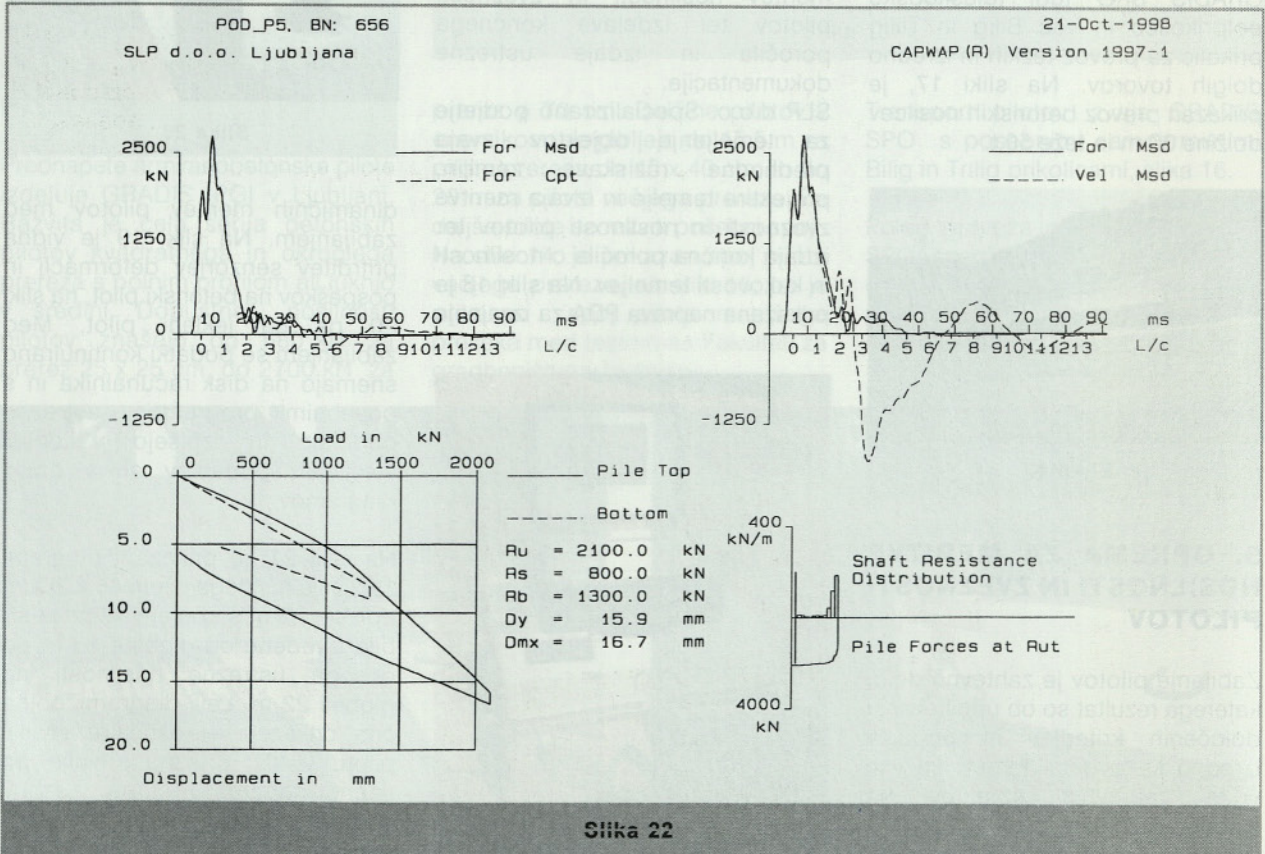
Slika 20

dinamičnih meritev pilotov med zabijanjem. Na sliki 19 je vidna pritrditev senzorjev deformacij in pospeškov na betonski pilot, na sliki 20 pa na jekleni pilot. Med zabijanjem se podatki kontinuirano snemajo na disk računalnika in s posebnim programom ustrezno obdelajo in izpišejo v obliki številčnih podatkov ali v obliki diagramov.

Na sliki 21 so prikazani diagrami zabijanja testnega pilota 35 x 35 cm dolžine 23 m s spojem. Meritve so bile izvedene od globine 13 m do dosega ustrezne nosilnosti na globini 22 m. Levi diagram "polna črta" prikazuje velikost nateznih sil v pilotu v kN, črtkana krivulja pa tlačno napetost v Mpa. Srednji diagram polna črta prikazuje statično nosilnost pilota v kN,



Slika 21



Slika 22

črtkana krivulja pa dovedeno energijo v pilot. Na tej krivulji je lepo vidno povečanje energije udarca zabijala na globini 18 m ter ponovno na globini 20,8 m (energijo udarca zabijala je možno povečati šele, ko se natezne sile v pilotu ustrezno zmanjšajo- levi diagram). Desni diagram "polna črta" prikazuje maksimalno tlačno silo v pilotu v kN, črtkana črta pa penetracijo na udarec v mm.

Na sliki 22 so prikazani rezultati meritev in analize nosilnosti pilota. Na diagramu levo zgoraj prikazuje polna črta merjeno silo enega udarca v odvisnosti od časa, črtkana črta pa računsko silo. Desno zgoraj je prikazana sila udarca in hitrost pomika pilota. Levo spodaj je prikazana simulacija statičnega obremenilnega testa, desno spodaj pa razporeditev statičnih odporov po globini.

Na podlagi meritev pri zabijanju testnega pilota je določen zabijalni kriterij, izbor dušilnega materiala v udarni kapi ter ostali pogoji, ki morajo biti med zabijanjem izpolnjeni. Glede na velikost in

zahtevnost objekta ter razgibanost terena projektant določi število in lokacijo pilotov, na katerih se izvršijo dodatne meritve. Med zabijanjem vseh pilotov se vodi protokol zabijanja in v primeru odstopanj določenih parametrov od predvidenih se tudi na teh pilotih po potrebi izvedejo dodatne meritve.

## 6. OBDELAVA GLAV PILOTOV

Po zabitju se zgornji del pilotov do predvidene višine ustrezno obdelava. Odstrani se beton in armatura pilota poveže z armaturo nosilnih gred objekta. Beton se največkrat odstranjuje s pnevmatskimi kladivi, kar pa je težko in zamudno delo. Da bi zmanjšali stroške in povečali učinkovitost dela, je bil v GRADIS-ovem Strojno konstrukcijskem biroju skonstruiran hidravlični drobilec pilotov. Drobilec prikazan na sliki 23, je bil izdelan v obratih GRADIS TOSIN v Ljubljani. Drobilec je priklopljen na običajen rovokopač Volvo 646. Delo z njim je varno in nekajkrat hitrejše kot z razbijalnimi kladivi.

## 7. SKLEP

Zabijanje pilotov je tehnologija globokega temeljenja, ki ima v določenih zemljinah (barjanska, morske naplavine...) bistvene prednosti pred ostalimi tehnologijami. Dela potekajo izredno hitro, gradbišče je čisto, saj ni potrebno odstranjevati izkopanega materiala, kakovost pilotov je zelo lahko kontrolirati, kar je pri ostalih tehnologijah na licu mesta izdelanih pilotov težko, saj se beton v zelo slabih zemljinah nekontrolirano razleže, pri podzemnih vodnih tokovih pride pri svežem betonu do izpiranja cementa, itd. Nosilnost zabitih pilotov je ob upoštevanju zabijalnega kriterija znana že ob zabijanju.

Razvoj opreme za izvajanje operativnih del pri zabijanju pilotov je bil v osemdesetih letih v GRADIS-u zelo učinkovit. Sodelovali so strokovnjaki iz različnih GRADIS-ovih podjetij povezani v delovne teame, ter po potrebi tudi zunanje institucije.

Po osamosvojitvi in fazi privatizacije je delo na razvojnih nalogah nekoliko zastalo, sedaj pa potrebe trga narekujejo nadaljevanje razvoja, kar je pogoj za obstanek na trgu.



Slika 23

# PROIZVODNJA BETONA

## PRODUCTION OF CONCRETE

UDK 691.3.006.3

MIRKO ŠTUHEC

### POVZETEK

Članek je namenjen tistim, ki pri svojem delu uporabljajo in vgrajujejo beton, ne poznajo pa proizvodnje le-tega.

Namen članka je podati osnovne pojme o sestavi in delovanju betonarn.

### SUMMARY

The article is intended for those using and placing concrete as part of their job, but who, however, are not familiar with its production.

The aim of the article is to present the basic notions about structure and operation of concrete mixing plants.

Avtor:  
Mirko ŠTUHEC, dipl.inž.el.



**GRADIS TOSIN** d.o.o.  
Letališka 33, 1000 Ljubljana

## 1. UVOD

Zasnova vseh betonarn je v principu enaka. Na osnovi predpisane recepture za beton se mešalec betona napolni z določeno količino agregatov (pesek in gramozi), cementa, vode in dodatkov ter premeša vsebino, tako da beton dobi želeno homogenost. Natančnost doziranja posameznih komponent in karakteristike uporabljenih tehtnic za komponente določajo standardi in predpisi. Kakovost betona je ob natančnosti doziranja komponent odvisna tudi od kakovosti posameznih komponent in časa ter intenzivnosti mešanja.

## 2. SESTAVNI DELI BETONARNE

Betonarno sestavlja:

- mešalni del betonarne
- skladišče in tehnična agregatov
- skladišče in tehnična cementa
- sistem za doziranje vode
- skladišče in sistem za doziranje dodatkov
- skladišče in sistem za doziranje barvil
- merjenje vlage v agregatih
- naprave za ogrevanje betona
- sistem za upravljanje betonarne

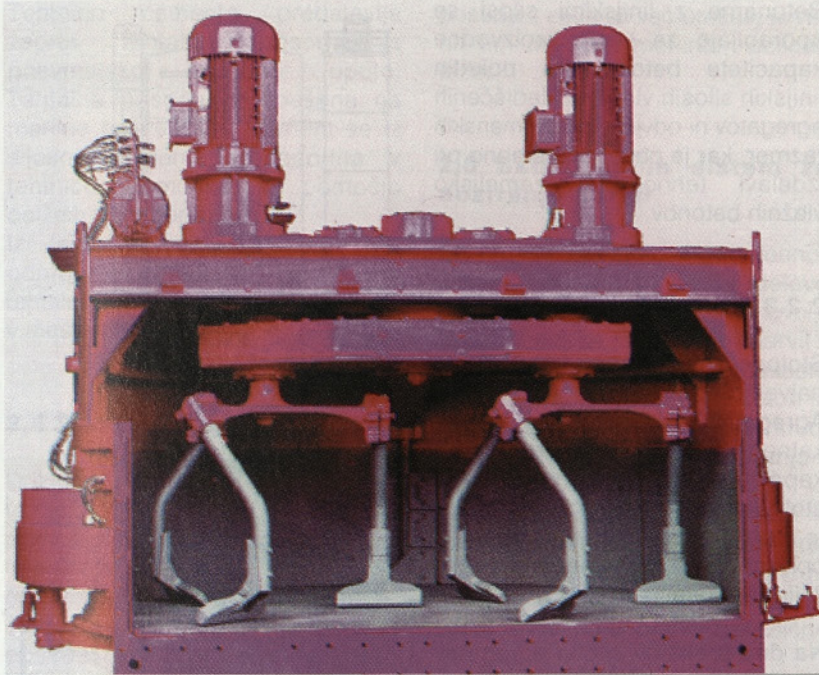
### 2.1 Mešalni del betonarne

Predstavlja ga konstrukcija, na kateri je nameščen mešalec betona,

sistem za transport agregatov v mešalec (dvižna posoda ali poševni trakasti transporter s predsilosom agregatov, nameščenim na mešalcu) ter sam mešalec betona. Mešalec je nameščen tako visoko, da je skozi izpustni lijak betonarne možno direktno polniti avtomešalce z betonom.

Za proizvodnjo transportnih in tehnoloških betonov se uporabljajo planetni in horizontalni mešalci betona.

Planetni mešalci, ki so uporabni za proizvodnjo transportnih in tehnoloških betonov, so sestavljeni iz zaprte jeklene posode v kateri krožijo mešalne lopatice. Izvedba mešalnih lopatic planetnega mešal-

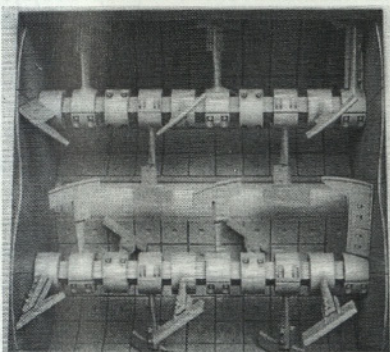


Slika 1: Planetni mešalec

ca je odvisna od tehnične rešitve posameznega proizvajalca mešalca. V splošnem pa pomeni, da večje število mešalnih lopatic omogoča hitrejšo in kakovostnejšo mešanje betona.

Obloga notranjosti mešalca betona je zamenljiva in izdelana iz protiobranega jekla. Nekateri proizvajalci mešalcev ponujajo notranje obloge mešalcev, izdelane iz keramike, ki je odpornejša proti obrabi od jekla. Prav tako so zamenljive mešalne lopatice.

Pogon mešalnih lopatic je izveden z enim ali dvema medsebojno spojenima elektromotorjema. Vsak mešalec ima na dnu izpustno odprtino. Loputa izpustne odprtine ima navadno hidravlični pogon. Pri manjših mešalcih je možen tudi pnevmatski pogon izpustne lopute.



Slika 2: Horizontalni mešalec

Horizontalni mešalci se uporabljajo za večje kapacitete betonarn. Predvsem so uporabni za transportne betone in lahko mešajo agregate debelejših frakcij kot planetarni mešalci. Mešalni del horizontalnega mešalca betona predstavljata dve horizontalni osi z mešalnimi lopaticami, ki se sinhrono vrtita v nasprotnih smereh.

Na mešalcu so odprtine za vsip agregatov, cementa, vode in ostalih komponent, ki se uporabljajo pri izdelavi betona.

## 2.2 Skladišče in tehtnica agregatov

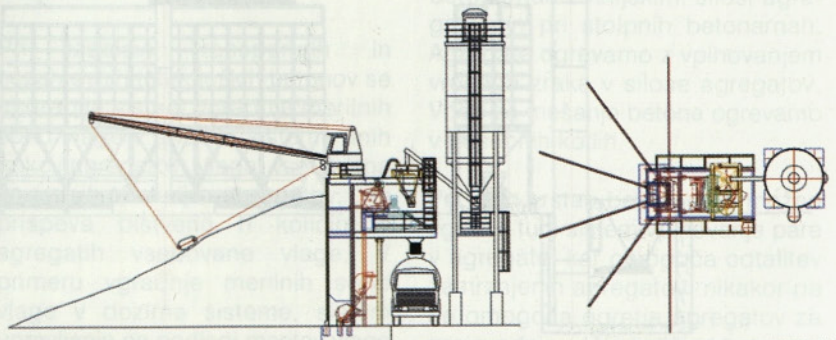
Različni tipi betonarn se med seboj razlikujejo po skladiščenju in doziranju agregatov. Tako ločimo:

- betonarne z zvezdasto deponijo
- betonarne z linijskimi silosi agregatov
- stolpne betonarne.

### 2.2.1 Betonarna z zvezdasto deponijo

Betonarna z zvezdasto deponijo ima odprto deponijo agregata v obliki polkroga. Posamezne frakcije agregatov so medsebojno ločene s predelnimi stenami, ki izhajajo iz dozirnega dela deponije, ki je v središču kroga. Deponija se polni direktno s kamioni.

Agregate s pomočjo skreperja (naprava za vlečenje agregatov k dozirnemu delu betonarne) vlečemo do dozirnega dela betonarne. Od tod se agregati prek pnevmatskih dozirnih loput dozirajo v tehtnico agregatov. Agregate doziramo v tehtnico agregatov po posameznih frakcijah. Iz dozirnega dela betonarne transportiramo agregate v mešalec betona z dvizžno posodo. Vlogo tehtnice agregatov lahko prevzame tudi dvizna posoda, ki je



Slika 3: Betonarna z zvezdasto deponijo

## GRADIS TOSIN d.o.o.: PROIZVODNJA BETONA

v spuščeni legi naslonjena na merilne celice teže.

Betonarne z zvezdasto deponijo so betonarne za manjše proizvodne kapacitete in so prvenstveno namenjene uporabi na gradbiščih.

### 2.2.2 Betonarna z linijskimi silosi

Pri tem tipu betonarne so posamezne frakcije agregatov uskladiščene v jeklenih ali betonskih silosih, nanizanih v linijo. Silosi imajo na dnu odprtine s pnevmatskimi loputami za doziranje posameznih frakcij agregatov na prirejen trakasti transporter, ki visi na merilnih celicah teže pod dozirnimi loputami. Po končanem doziranju agregatov se trakasti transporter izprazni v dvizžno posodo ali na trakasti transporter, ki agregate transportira v mešalec betona.

Linijski silosi agregatov se lahko polnijo direktno s kamioni ali nakladalci prek navozne rampe ali pa je polnjenje linijskih silosov mehanizirano. To pomeni, da kamioni vsipujejo posamezne frakcije agregatov v vsipne jaške, od koder se agregati prek dozirnih naprav, elevatorjev ali poševnih trakastih transportirjev dvigajo na vrh linijskih silosov, kjer poseben dozirni sistem usmeri posamezne frakcije agregatov v pripadajoče silose.

Betonarne z linijskimi silosi se uporabljajo za večje proizvodne kapacitete betona. Pri pokritih linijskih silosih vlaga uskladiščenih agregatov ni odvisna od vremenskih razmer, kar je posej pomembno pri izdelavi tehnoloških zemeljsko vlažnih betonov.

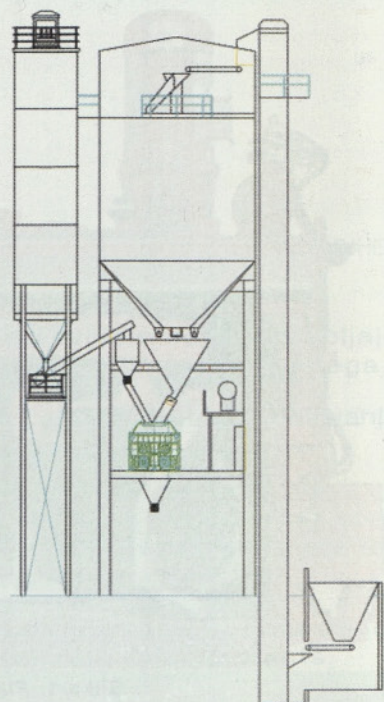
### 2.2.3 Stolpna betonarna

Stolpne betonarne so betonarne z največjo proizvodno kapaciteto. Agregati se skladiščijo v večprekatnem silosu agregatov velike kapacitete, zgrajenem v obliki stolpa. Polnjenje silosov agregatov je mehanizirano in je enako, kot je opisano pri mehaniziranem ponjenju linijskih silosov agregatov.

Na dnu prekatov silosa agregatov so vgrajene pnevmatske dozirne lopute za doziranje posameznih frakcij v tehtnico agregatov, ki visi na merilnih celicah teže pod silosom agregatov. Dozirani agregati se iz tehtnice po odprtju pnevmatske zaporne lopute vsujejo direktno v mešalec betona, ki se nahaja pod tehtnico agregatov.

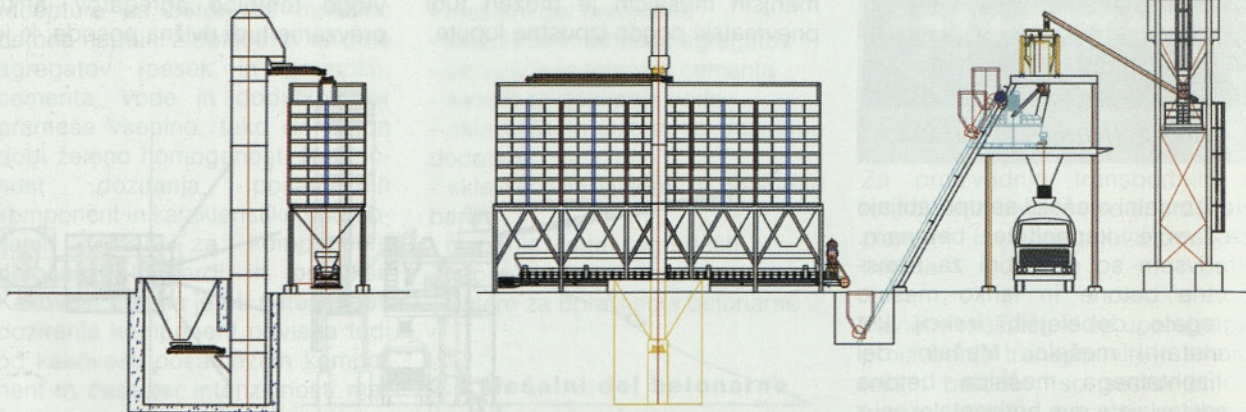
### 2.3 Skladišče in tehtnica cementa

Za skladiščenje cementa se v betonarnah uporabljajo jekleni silosi cementa (možni tudi betonski silosi ali silosi, izdelani iz armirane



Slika 5: Stolpna betonarna

plastike). Silosi cementa se polnijo iz avtocistern s pnevmatskim transportom. Zato morajo biti silosi opremljeni s protiprašnimi filtri in varnostnimi ventili, ki preprečujejo nastanek nedovoljenega nadpritiska v silosu.



Slika 4: Betonarna z linijskimi silosi

Tehtnico cementa predstavlja zaprta tehtalna posoda s pnevmatsko izstopno loputo. Tehtalna posoda je obešena na merilne celice teže. Cement se iz silosov cementa transportira v tehtnico cementa s pomočjo polžnih transporterjev.

Iz tehtnice cementa steče po odprtju pnevmatske lopute na tehtalni posodi cement gravitacijsko v mešalec betona.

## 2.4 Sistem za doziranje vode

Doziranje vode za izdelavo betona je možno neposredno v mešalec s pomočjo merilcev pretoka oziroma impulznih dozatorjev vode ali z doziranjem vode v tehtnico vode. Tehtnico vode predstavlja tehtalna posoda, opremljena s pnevmatsko izstopno loputo. Tehtalna posoda je obešena na eni ali več merilnih celicah teže. V tehtnico vode je možno dozirati tudi reciklirano odpadno vodo. Voda po odprtju izpustne lopute tehtalne posode steče v mešalec betona.

## 2.5 Skladišče in sistem za doziranje dodatkov

Danes si težko predstavljamo betone brez ustreznih dodatkov, ki izboljšujejo posamezne lastnosti betonov. Uporabljajo se tekoči dodatki. Naenkrat se lahko uporablja eden ali več dodatkov, kar je odvisno od zelenih karakteristik betona. Dodatki se dobavljajo in skladiščijo v plastičnih posodah. Ker se dodatki za beton dodajajo v zelo malih količinah, je potrebno nekatere dodatke pred doziranjem razredčiti z vodo, da so količine, ki jih dodajamo betonom dovolj velike za izvedbo natančnega doziranja. Iz skladiščnih posod dodatke doziramo s pomočjo črpalk v dozirne posode in od tod v vmesno vodo ali direktno v mešalec.

Doziranje dodatkov je lahko izvedeno volumensko ali težnostno s pomočjo tehtnice dodatkov. Tehtnico dodatkov predstavlja tehtalna

posoda z enim ali več prekati, ki visi na eni ali dveh merilnih celicah teže.

## 2.6 Skladišče in sistem za doziranje barvil

Barvila se dodajajo samo tehnološkemu betonom za izdelavo betonske galanterije (tlakovci). Uporabljajo se različni tipi barvil (tekoča barvila, granulati, praškasta barvila). Doziranje barvil za beton je izvedeno s pomočjo tehtnic. Skladišče barvil, sistem doziranja v tehtnico barvil, tehtnica in transportni sistem iz tehtnice v mešalec betona je odvisen od specifičnih lastnosti uporabljenega tipa barvil. Enega sistema doziranja barvil ni možno uporabiti za različne tipe barvil.

## 2.7 Merjenja vlage v agregatih

V finih frakcijah agregatov je lahko različna količina vlage, če so ti izpostavljeni vremenskim vplivom. Vpliv vlage, ki jo vsebujejo agregati, je posebej pomemben pri izdelavi zemeljsko vlažnih tehnoloških betonov, kjer že majhno odstopanje vlažnosti betona od zahtevane, povzroči, da je beton neuporaben. Pri transportnih betonih odvisnost od količine vlage v posameznih frakcijah agregatov ni tako izrazita, razen če ti niso shranjeni v odprtih skladiščih (zvezdaste deponije, nepokriti linijski silosi), kjer so direktno izpostavljeni dežju.

Pri izdelavi transportnih in nezahtevnih tehnoloških betonov se uporablja sistem vgradnje merilnih sond vlage v dozirne sisteme finih frakcij agregatov. Vlaga, vsebovana v grobih frakcija agregatov, ne prispeva bistveno h količini v agregatih vsebovane vlage. V primeru vgradnje merilnih sond vlage v dozirne sisteme, sistem upravljanja na podlagi meritev vlage v posamezni frakciji agregata med doziranjem izračuna količino vne-

šene vode, ustrezno poveča potrebno količino frakcije agregata in zmanjša potrebno količino vode.

Betonarne za izdelavo najzahtevnejših zemeljsko vlažnih tehnoloških betonov imajo vgrajene merilne sonde vlage v samem mešalcu betona. Te sonde merijo vlago v času mešanja betona. Na podlagi merilnih podatkov sistem upravljanja betonarne izračuna količino vode, ki jo je potrebno dodati v mešalec, da bo beton vseboval zahtevano vlažnost. Osnovna količina vlage, ki je manjša od zahtevane, se dozira na podlagi receptur. Količino osnovne vode sistem upravljanja korigira na podlagi podatkov merilnih sond vlage, vgrajenih v dozirnih sistemih posameznih frakcij agregatov.

Za meritve vlage v agregatih se uporabljajo različni fizikalni principi. Najnovejši je uporaba mikrovalovnih merilnih sond, pri katerih so merilne elektrode prekrite s keramiko, odporno proti obrabi. Keramika preprečuje dostop vlage do elektrod in meritev ni odvisna od vlažnosti površine izolacijske plasti med elektrodami, mikrovalovi pa prodirajo v notranjost betonske mase.

## 2.8 Ogrevanje betona

Za betoniranje v zimskem času je za izdelavo betona potrebno ogrevati agregate in vodo. Ogrevanje je praktično možno izvesti le pri betonarnah z linijskimi silosi agregatov in pri stolpnih betonarnah. Agregate ogrevamo z vpihovanjem vročega zraka v silose agregatov. Vodo za mešanje betona ogrevamo v posebnih kotlih.

Pri vseh vrstah betonarn je možno vgraditi tudi sistem vpihovanje pare v agregate, kar omogoča odtalitev zamrznjenih agregatov, nikakor pa ne omogoča ogretja agregatov za proizvodnjo večje količine betona.

## 2.9 Sistem upravljanja betonarne

Vse nove betonarne so opremljene z računalniškim sistemom upravljanja, ki poleg avtomatskega delovanja na podlagi predhodno vnese nih receptur omogoča vodenje obratovalnega protokola betonarne in vodenje poslovne informatike betonarne.

Sistem upravljanja betonarne je sestavljen iz:

- elektroopreme
- programabilnega krmilnika
- računalnika PC
- tiskalnika
- programske opreme programabilnega krmilnika
- programske opreme računalnika PC.

## 2.10 Elektrooprema

Elektrooprema je sestavljena iz:

- stikalne omare z vgrajenimi zaščitnimi in komandnimi elementi za vse pogonske elemente betonarne ter vgrajenim programabilnim krmilnikom
- komandnega pulta z vgrajenimi komandnimi in signalnimi elementi za ročno upravljanje betonarne ter kazalnimi instrumenti elektronskih tehtnic in merilcev vlage
- priključnih omaric v procesu za koncentracijo signalov
- senzorjev
- električnih instalacij (kabli, kabelski kanali, zaščitne cevi).

## 2.11 Programabilni krmilnik

Programabilni krmilnik je namenjen direktnemu upravljanju izvršnih elementov betonarne (motorji, elektromagnetni ventili, itd).

Programabilni krmilnik je komunikacijsko povezan z osebnim računalnikom PC, od katerega dobiva naloge in mu vrača podatke o stanju sistema.

## 2.12 Računalnik PC

Računalnik PC je namenjen za upravljanje betonarne. Na njem je

instalirana aplikativna programska oprema za vodenje betonarne. Računalnik PC prek programabilnega krmilnika vodi proces proizvodnje betona in obdeluje statistične podatke betonarne. Podatke, dobljene od krmilnika, prikazuje na zaslonu v obliki ekranskih slik. Podatke o opravljenih ciklih pa shranjuje na disk.

Sistemi nekaterih proizvajalcev imajo v sistemu uporabljena dva računalnika PC, od katerih je eden uporabljen za procesno vodenje, drugi pa za poslovno informatiko.

Programski paket za upravljanje betonarne omogoča:

- doziranje agregatov
- doziranje cementov
- doziranje vode (sveža voda in reciklirana voda)
- doziranje dodatkov za beton
- obdelavo podatkov merilnih sond vlage
- vnos receptur za proizvodnjo 1 m<sup>3</sup> betona (sestava betona in parametri za obdelavo)
- vodenje obratovalnega protokola (arhiviranje mešalnih ciklov, alarmov itd.)
- vodenje kompletne poslovne informatike (kupci, gradbišča, prevozniki, dobavitelji, dobavljene in porabljene surovine, stanje zalog itd.)
- izpis dobavnic za transportne betone
- komunikacijo z ostalimi računalniškimi sistemi oziroma prenos podatkov na druge računalniške sisteme.

## 2.13 Vpliv betonarne na okolje

Vpliv betonarne na okolje je neznaten, če uporabimo vse običajne zaščitne ukrepe. Največji vpliv na okolje, ki ga ni možno zmanjšati ali izločiti, predstavlja povečan promet težkih kamionov za dovoz surovin in odvoz betona.

### 2.13.1 Emisija prašnih delcev

Vsi moderni mešalci so konstruirani

z zaprto izvedbo. Emisija prahu iz mešalca pri vsipu agregatov in cementa v mešalec se odpravi z uporabo posebnega filtra za mešalce betona. Tak filter s pomočjo ventilatorja izsesava zrak iz mešalca. Prašne delce zadrži filter. Prašenje pri pnevmatskem polnjenju silosov cementa odpravimo z vgradnjo filtrov za silose cementa. Zrak, ki iz avtociستern transportira cement v silose, izteka skozi protiprašne filtre, ki so nameščeni na vrhu silosov cementa, ali pa so postavljeni na tleh in s silosi povezani s cevmi. Prašenje, ki nastaja pri mehaniziranem polnjenju linijskih silosov ali silosov agregatov stolpnih betonarn, se izloči z zaprtjem zgornjega dela silosov, kjer je razdelilni sistem agregatov.

### 2.13.2 Hrup

Hrup, ki ga povroča betonarna, je v predpisanih mejah za industrijsko okolje. Hrup je možno zmanjšati z zaprtjem mešalnega dela betonarne.

### 2.13.3 Onesnaževanje voda

Onesnaževanje voda se odpravi z izgradnjo reciklirnih naprav, ki omogočajo zaprt krog vode. Reciklirna naprava izpira svež beton (beton, ki se vrača z gradbišč ali proizvodnje in beton, ki je v vodi, s katero izpiramo avtomešalce) in izloča grobe delce, ki se uporabijo v nadaljnji fazi proizvodnje. V bazenu reciklirne naprave, kjer ostaja odpadna voda s finimi delci peska in cementa, so vgrajena mešala, ki onemogočajo usedanje finih delcev. Reciklirano vodo s pomočjo črpalke vračamo v proizvodnjo betona (uporaba določenega odstotka reciklirane vode). Uporabljamo jo tudi za pranje avtomešalcev. S tem dosežemo ne le to, da onesnažene vode ne odtekajo v okolje, obenem pa tudi bistveno zmanjšamo porabo sveže vode in s tem stroške proizvodnje betona.



# STATIČNA SANACIJA Z UPORABO BRIZGANIH BETONOV

## STATIC REHABILITATION USING SPRAYED CONCRETES

UDK 69.059 : 624.04 : 691.5

IZTOK PUSOVNIK

### POVZETEK

V članku je opisana statična sanacija hotela Paka v Velenju. Izvedba sanacije je bila gradbeno zelo zahtevna, saj gre za objekt, ki ni bil dimenzioniran na horizontalno potresno obtežbo. Sam postopek sanacije je potekal po sistemu ojačitve sten z mrežno armaturo, obrizgano s 5 cm brizganega betona ter izdelavo vertikalnih vezi in preklad v že obstoječi konstrukciji.

### SUMMARY

The article describes the static rehabilitation of the hotel Paka at Velenje. From the constructional point of view, the execution of the rehabilitation works was very exacting as the hotel building has not been dimensioned to take over horizontal earthquake loadings. The system of rehabilitation procedure included strengthening of walls with mesh reinforcement shotcreted with 5 cm thick sprayed concrete, followed by the execution of vertical ties and lintels in the existing structure.

Avtor:



**GRADIS**  
GRADBENO PODJETJE CELJE d.d.

Ulica XIV. divizije 10, 3000 Celje  
Tel.: (063) 482-480  
Telefax: (063) 442-490, 442-613  
E-mail: gradis-gp.celje@siol.net

### 1.0 UVOD

Predmet projekta je bila programska, funkcionalna, konstrukcijska in instalacijska izvedba prenove ter dozidave objekta, ki je predvidela najprej prenovo hotelskega objekta in novogradnjo jugozahodnega trakta, kasneje pa izgradnjo dvoetažne podzemne garaže pod parkiriščem.

S prenovo dotrajanega obstoječega hotela je želel investitor Gorenje gostinstvo d.o.o. pridobiti poslovni hotel s spremljajočimi programi, ki

bi bili namenjeni tudi krajevnom prebivalstvu.

Cilj projekta je bil oblikovati programsko različno ponudbo, ki pa bo zagotavljala stalno povpraševanje po vseh programih, ki se bodo medsebojno dopolnjevali in ki bodo zadovoljevali tako potrebe poslovnega gosta kot meščana.

### 2.0 OPIS OBSTOJEČEGA OBJEKTA

Osnovni projekt hotela je bil izdelan

leta 1959, kar je pomembno predvsem zaradi dejstva, da je bil izdelan pred skopskim potresom. To pomeni, da objekt ni bil dimenzioniran na horizontalno potresno obtežbo, prenova objekta, pa je zahtevala ustrezne ojačitve konstrukcije v skladu s sedaj veljavno zakonodajo.

Obstoječi objekt tlorisnih dimenzij ca. 30,00 m dolžine in 11,30 m širine je bil zgrajen v pritličju in I. nadstropju iz nearmiranega betona z izjemo nekaj armiranobetonskih slopov v srednji vzdolžni steni in

fasadnih medokenskih slopov. Ostala (2.,3.,4.,5.,6. in 7) nadstropja so bila zgrajena iz opeke in v celoti brez vertikalnih vezi. Pomanjkljivost objekta je bila tudi premajhna minimalna armatura horizontalnih vezi in neustrezni razmaki stremenske armature.

### 3.0 IZVEDBA SANACIJE

Zaradi navedenega je bilo potrebno izvesti celotno statično sanacijo objekta, ki je obsegala:

- odstranitev karbonatizirane zaščitne plasti betonov nearmiranih sten pritličja in armiranobetonskih slopov,
- detajlni pregled armature,
- armiranje nearmiranih sten pritličja in nadstropja,
- izvedbo dodatnih vertikalnih vezi vseh etaž,
- nadomestitev opečne stene servisnega stopnišča z armirano-betonsko steno.

Narava in zahtevnost del sta pogjevali stalen strokovni nadzor in sodelovanje projektanta konstrukcije.

Rušitvena dela smo izvedli v mesecu marcu 1997. Najprej je bilo potrebno odstraniti vse obloge, tlake, stavbno pohištvo ter fasado, porušiti vse predelne stene in instalacijske jaške, tako da je ostala le gola konstrukcija objekta (SLIKA 1).

Nato smo v avgustu 1997 s sanacijo oziroma ojačitvijo nosilnih sten in stropov po sistemu brizganega betona, s tem da smo najprej nearmirane stene pritličja in nadstropja obojestransko obložili z armaturnimi mrežami (SLIKA 2). Mreže je bilo potrebno medsebojno povezati z dodatnimi sidri in izvesti tudi armaturno povezavo sten s temelji.

Za samo tehnologijo brizganega betona je izjemno pomembno, da so površine zidov pred pričetkom



Slika 1



Slika 2

izdelave le-tega dobro mehansko očiščene in oprane z visokotlačnim pritiskom vode.

Po pranju smo na ovlažene površine betonskih zidov izvedli kontaktni obrizg s SIKACEM-810, na opečne zidove pa s Sikacrete Gunita – 113.

Na svež (vlažen) obrizg smo s strojem ALIVA nanesli do prekritja armaturne mreže plast ca. 4,00 cm debeline brizganega betona (SLIKA 3). Da bi dosegli zahtevano debe-

lino in grobo izravnavo, smo predhodno postavili vertikalne končne distančnike ter posebne jeklene nastavljive distančnike, ki smo jih po nanosu brizganega betona odstranili.

Površinski sloj brizganega betona smo izdelali z vlažnejšim nanosom Sikacrete Gunita – 133 v debelini ca. 1,00 cm. Sloj smo takoj po brizganju izravnali s posebno letvijo in s tem zagotovili primerno ravno površino za nadaljnjo obdelavo.

Da bi preprečili pojav razpok in zagotovili kar največjo trdnost, smo površino vlažili še več dni po brizganju.

Po končani statični sanaciji smo nadaljevali z izvedbo gradbenih, zaključnih gradbenih in instalacijskih del, ter objekt predali investitorju v pogodbenem roku v prvi polovici meseca junija 1998 (SLIKA 4).

#### 4.0 SKLEP

Uporaba brizganih betonov se je pokazala kot zelo dobra rešitev, saj je bila prenova in dozidava hotela Paka predvsem zaradi zahtevne statične sanacije, obsega del in izredno kratkega roka, predvidenega za izvedbo, zahteven projekt, ki pa smo ga enako kot mnoge pred tem uspešno zaključili.



Slika 3



Slika 4

# NOVA GENERACIJA PREDNAPETIH BETONSKIH ŽELEZNIŠKIH PRAGOV IZ GRADISA

## NEW GENERATION OF PRESTRESSED CONCRETE RAILWAY SLEEPERS FROM GRADIS

UDK 625.142 : 691.32

ANDREJ PETELN

### POVZETEK

V članku sta najprej prikazani utemeljitev uporabe ter zgodovina proizvodnje betonskih železniških pragov v Sloveniji. V drugem delu je prikazan prag tretje generacije, tako glede proizvodnje kot tudi lastnosti. Sklepni del članka prinaša argumente, ki potrjujejo ustreznost izbrane zasnove in proizvodnega procesa.

### SUMMARY

In the first part of the article the reasons for the use and the brief history of the production of concrete railway sleepers in Slovenia are shown. The second part of the article presents our concrete sleeper of the third generation, both from the production view as also considering its performances. The close brings arguments confirming the adequateness of the chosen design and the production method.

Avtor:

Andrej PETELN, dipl. inž. gradb.,  
vodja razvojno-tehnične službe



# GRADIS

GRADIS TEO d.d.  
Šmartinska 134a, Ljubljana

## 1. UVOD

### 1.1 Zakaj betonski železniški pragovi

Železniški pragovi so del sistema zgornjega ustroja proge, za katerega je najvišja zapoved zahteva, da morajo biti vsi elementi medsebojno resnično uglašeni, da lahko vsak od njih trajno izpolnjuje svoje naloge. Le tako je zagotovljena varnost železniškega prometa. Zahteve za pragove so v tem sistemu nedvomno zelo hude: obtežbe vlakov so velike, podlaga iz

tolčenca je podajna, pragovi so izrazito dinamično obremenjeni in se vidno upogibajo pod vsako osjo vlaka, dolge zvarjene tirnice silijo v ovinkih ob mrazu navznoter, v vročini navzven, poleg tega vplivajo na sodobno progo tudi še (blodeči) električni tokovi, izpostavljenost vremenskim vplivom in različnim temperaturam pa je seveda samoumevna. Idealen material za prage je torej hrast, ki ga odlikujeta izjemna elastičnost in prilagodljivost.

Kljub temu pa povsod po svetu

zamenjujejo lesene železniške pragove z betonskimi, ki imajo predvsem naslednje prednosti:

- niso škodljivi okolju in našemu zdravju (saj jih ni treba s škodljivimi kemikalijami kemično zaščititi pred trohnenjem in škodljivci),
- so trikrat težji od lesenih pragov, kar ugodno vpliva na stabilnost sodobnega zgornjega ustroja proge z dolgo zvarjeno tirnico, ki se krči pozimi in razteza, ko jo segreje sonce,
- so izdelani zelo natančno (toleranca položaja luknje za vsta-

vitev peresa, ki pridrži tirnico znaša npr.  $\pm 0,8$  mm) zato omogočajo mirnejšo vožnjo ter zviševanje hitrosti vlakov,

- zagotovljeno ohranjanje iste medtirne širine vso življenjsko dobo,
- so cenejši od lesenih pragov.

## 1.2 Tri generacije Gradisovih betonskih železniških pragov

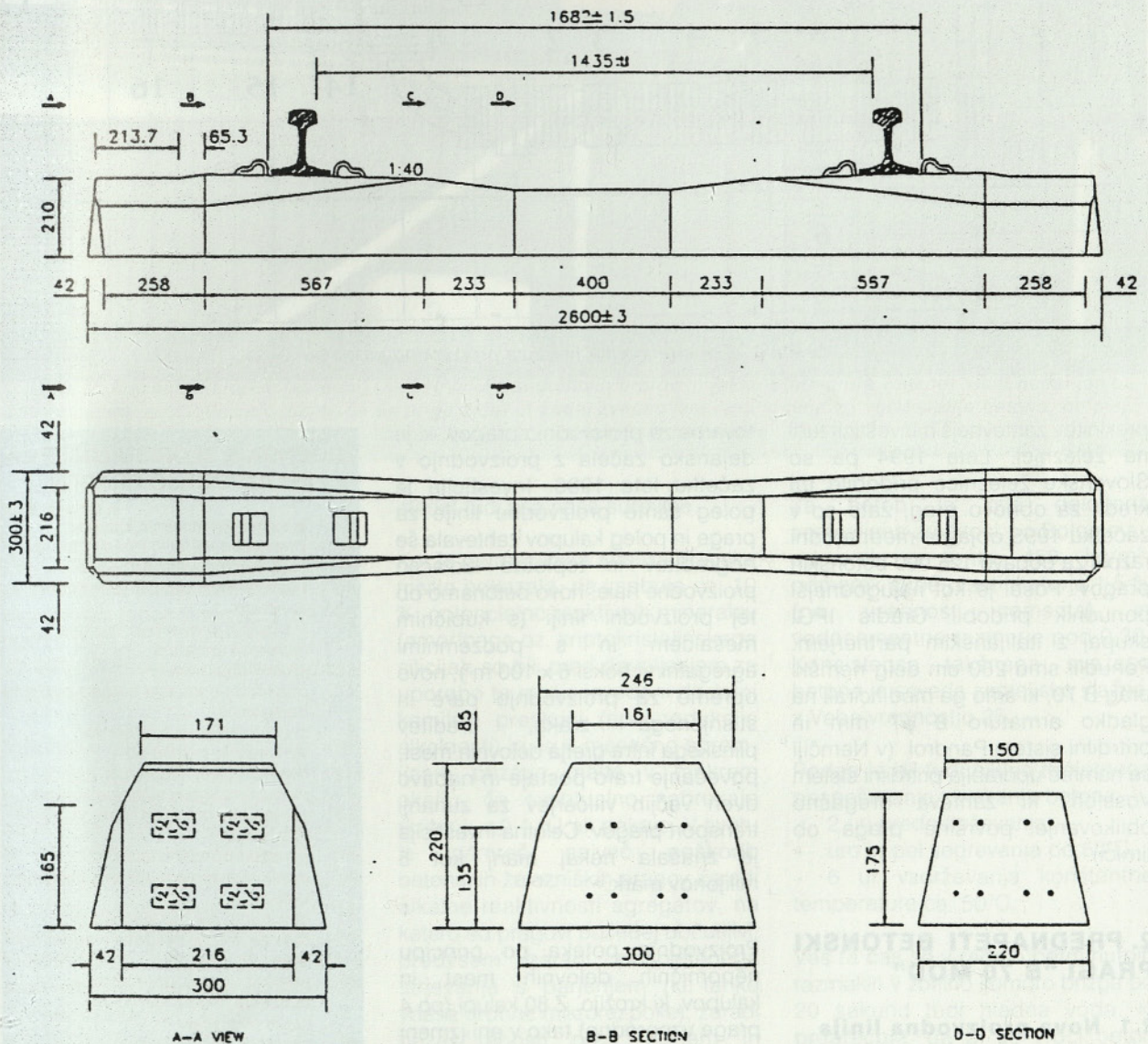
Gradis je začel prednapete betonske pragove izdelovati že leta 1957. Do leta 1966 smo izdelali približno

100.000 pragov te prve generacije, z oznako IM 2. Projektant (prof. Žeželj) jih je zasnoval z lesenimi vložki, kamor so se uvijali vijaki pritrdilnega sistema. Za betonske prage (dolžine 240 cm) se je namreč enostavno uporabil togi "K" pritrdilni sistem tirnice, enak kot pri lesenih pragih. To je bila tudi glavna slabost teh pragov, manjkal je element elastičnosti. Posledica: zahtevno vzdrževanje proge.

Z drugo generacijo betonskih pragov smo začeli leta 1987.

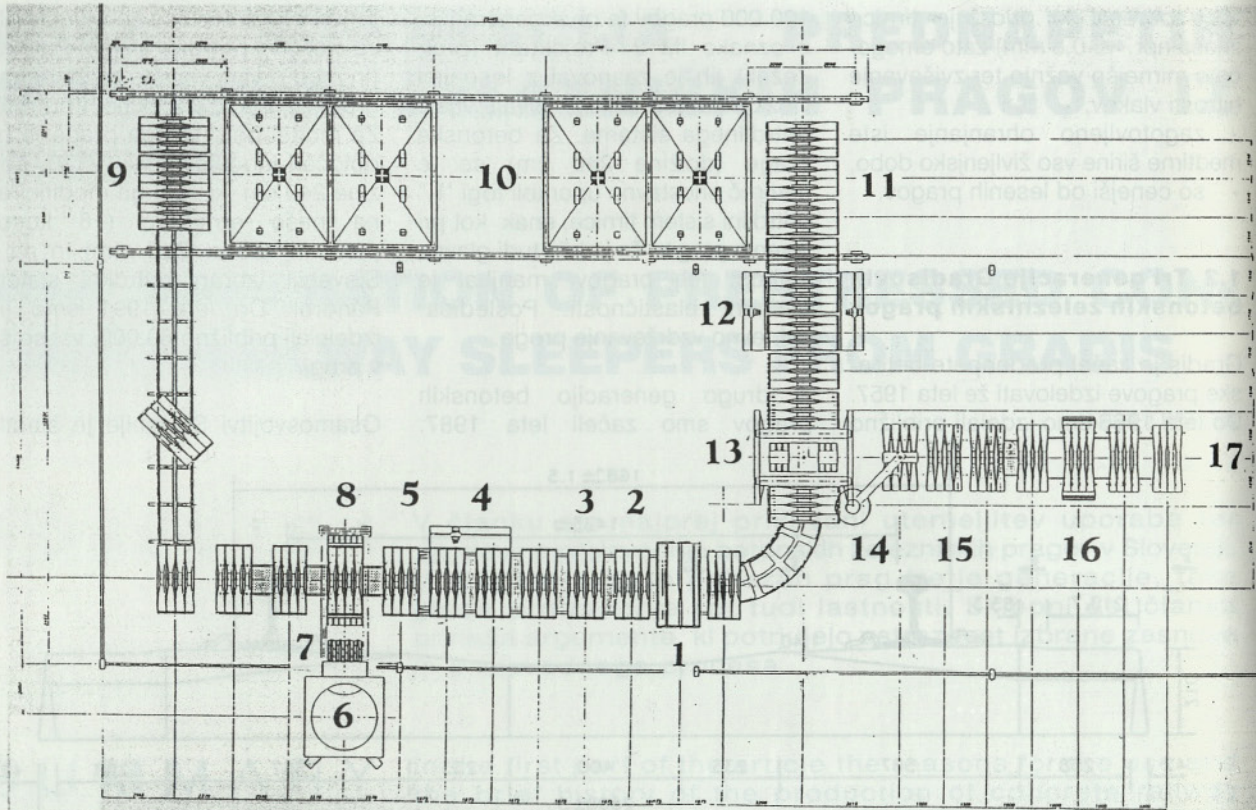
Slovenske železnice so se odločile za elastični pritrdilni sistem Pandrol (in med prvimi v svetu za štancane hrbte Pandrolovih jeklenih pritrdil). Za model betonskega praga je bil določen jugoslovanski JŽ 70, dolžine 240 cm, ki smo ga modificirali na našo armaturo (16 kosov pletenih kablov  $3\phi 3$  mm) in na v Sloveniji izbran pritrdilni sistem Pandrol. Do leta 1991 smo jih izdelali približno 60.000, vsi so še v progi.

Osamosvojitvi Slovenije je sledila



Skica 1: Skica praga "B70 MOD"

## A. PETELN: Nova generacija betonskih železniških pragov



Skica 2: Tlorisna shema linije za proizvodno pragov

prekinitev zahtevnejših investicij tudi na železnici. Leta 1994 pa so Slovenske železnice pridobile tuj kredit za obnovo prog, zato so v začetku 1995 objavile mednarodni razpis za dobavo 125.000 betonskih pragov. Posel je kot najugodnejši ponudnik pridobil Gradis IPGI skupaj z italijanskim partnerjem. Ponudili smo 260 cm dolg nemški prag B 70, ki smo ga modificirali na gladko armaturo  $8 \phi 7$  mm in pritrtilni sistem Pandrol (v Nemčiji se namreč uporablja pritrtilni sistem Vossloh, ki zahteva drugačno oblikovanje površine praga ob tirnici).

## 2. PREDNAPETI BETONSKI PRAGI "B 70 MOD"

### 2.1 Nova proizvodna linija

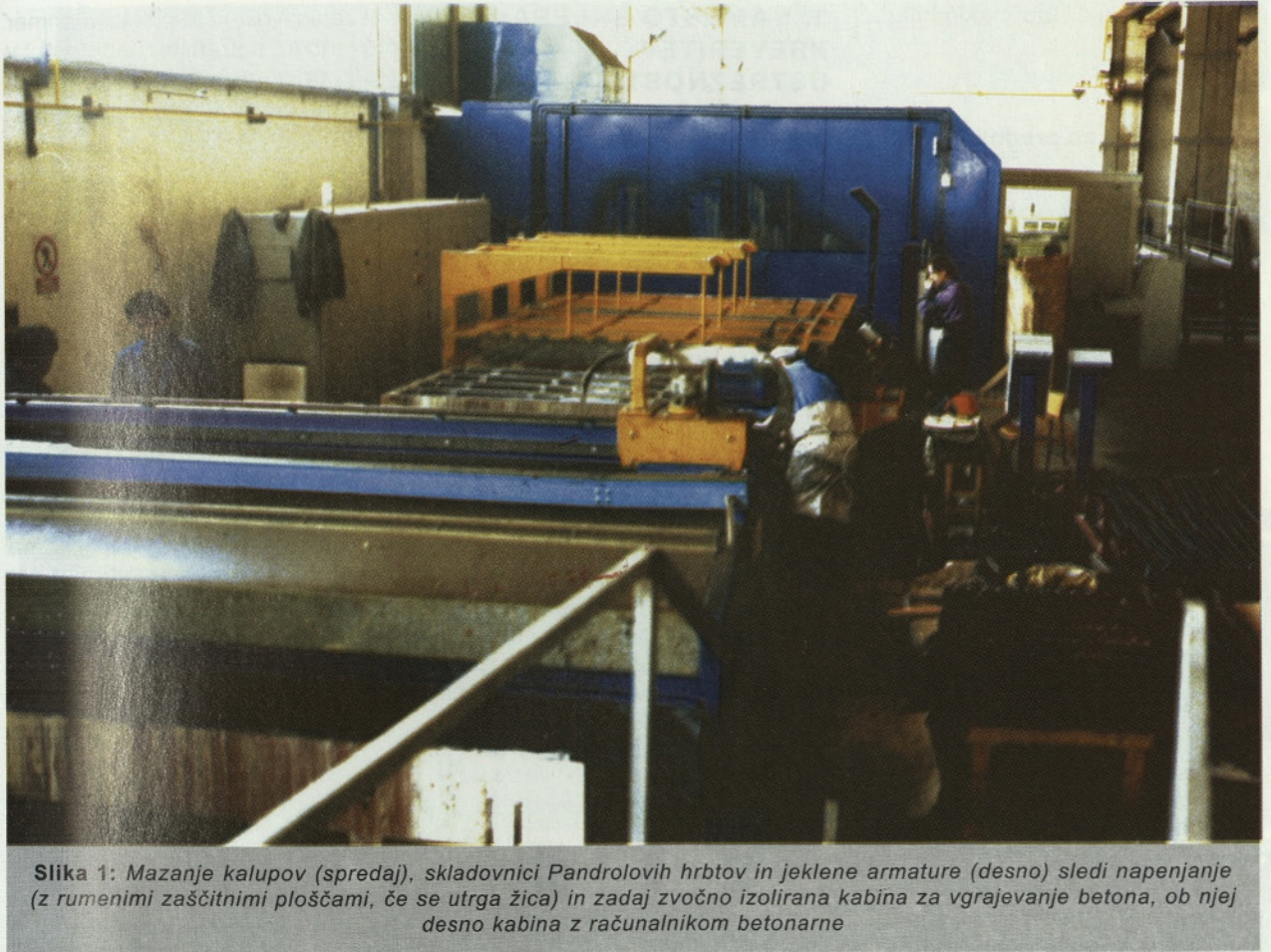
Tako veliko pridobljeno naročilo je upravičevalo postavitev namenske

tovarne za proizvodnjo pragov, ki je dejansko začela z proizvodnjo v začetku leta 1996. Investicija je poleg same proizvodne linije za prage in poleg kalupov zahtevala še dograditev in toplotno izolacijo proizvodne hale, novo betonarno ob tej proizvodni liniji (s kubičnim mešalcem in s podzemnimi agregatnimi boksi  $6 \times 100 \text{ m}^3$ ), novo opremo za proizvodnjo pare in stisnjenega zraka, ureditev plinskega infra gretja delovnih mest, povečanje trafo postaje in nabavo dveh večjih viličarjev za zunanji transport pragov. Celotna investicija je znašala nekaj manj kot 5 milijonov mark.

Proizvodnja poteka po principu nepomičnih delovnih mest in kalupov, ki krožijo. Z 80 kalupi (po 4 prage vzporedno) tako v eni izmeni proizvedemo 320 pragov. Tlorisna skica tovarne lepo predstavlja celoten postopek:

### LEGENDA K TLORSU LINIJE ZA PROIZVODNJO PRAGOV

- 1 avtomatsko mazanje kalupov
- 2 vstavljanje jeklenih Pandrol hrbtov
- 3 vstavljanje jeklene armature
- 4 enostransko napenjanje jeklene armature
- 5 (občasna) preveritev dejanske napetosti armature
- 6 proizvodnja betona
- 7 pomična posoda za beton s polžnimi podajalniki
- 8 zvočno izolirana komora za vgrajevanje betona ob dvorežimskem vibriranju
- 9 dvig za transport v zorične komore
- 10 zorične komore (4 komore, vsaka za 120 pragov)
- 11 spust na pomično linijo
- 12 obojestransko popuščenje nateznih vijakov
- 13 razkalupljenje (ob vibriranju)
- 14 roka za prenos pragov na odpremno linijo
- 15 pregled pragov, označevanje, polnjenje lukenj, kjer so bili napenjalni vijaki
- 16 zlaganje pragov v višino
- 17 odvoz pragov na deponijo (z viličarjem)



**Slika 1:** Mazanje kalupov (spredaj), skladovnici Pandrolovih hrbov in jeklene armature (desno) sledi napenjanje (z rumenimi zaščitnimi ploščami, če se utruga žica) in zadaj zvočno izolirana kabina za vgrajevanje betona, ob njej desno kabina z računalnikom betonarne

## 2.2 Beton

Osnovne zahteve za beton so postavile že Slovenske železnice v svoji razpisni dokumentaciji: MB 55, tlačna trdnost ob popuščanju vsaj 40 MPa, 7-dnevna upogibna trdnost vsaj 6 Mpa.

Betonске surovine: dravska kremenčeva mivka 0,1/0,5 mm, prani lastni agregatni frakciji 0/4 in 4/8 iz savskega prodca, drobljeni frakciji 8/16 in 16/31,5 mm, cement PC 15Z 45 B iz Anhovega ter kemijski dodatek superplastifikator Kemament L10. Drobljeni grobi frakciji iz kakovostega verdskega apnenca smo vključili zato, da bi povečali trdnost in žilavost betona.

Samo recepturo je izdelal prof. Collepardi iz italijanskega inštituta Enco, ki je najprej natančno pre-

gledal tudi vse naše surovine.

Ker je petrografska analiza dravske mivke pokazala, da vsebuje ca. 10 % potencialno reaktivnih mineralov (amornega oz. kriptokristalinskega silicija), so bili pred dovoljenjem za uporabo te mivke izvedeni dodatni kemijski preskusi (npr. redukcije alkalnosti) in še 6-mesečno spremljanje prizmic malte v mokrem okolju, če eventualno nabrekajo (kriterij: <0,1 %) ali pokajo. V svetu je namreč največ poškodb betonskih železniških pragov zaradi alkalne reaktivnosti agregatov, na katero so pragovi posebej občutljivi, predvsem zaradi pospešenega strjevanja s parjenjem (ki lahko vnaša drobne mikrorazpoke), zaradi nezaščitenosti pred dežjem in zaradi dinamičnih obtežb ter utrujanja, ki lahko le še povečujejo obstoječe mikrorazpoke.

Za beton je bila določena sestavljena zrnavost po Bolomeyu, odmerek cementa 450 kg/m<sup>3</sup>, odmerek superplastifikatorja 1,5 % (na vsebnost cementa) in vodocementno razmerje pod 0,30. Konsistenca takšnega svežega betona je seveda zemeljsko vlažna, z Vebe vrednostjo 25.

Podan je bil tudi cikel toplotnega pospeševanja strjevanja betona:

- 2 uri predodležavanja,
- uro in pol segrevanja do 50°C,
- 6 ur vzdrževanja konstantne temperature ca. 50°C.

Ves ta čas se v rednih petminutnih razmakih v zorilno komoro brizga po 20 sekund tudi hladna voda, ki preprečuje, da bi se vroči beton pregrel oziroma izsušil.

Nato se pokrita in zaprta zorilna komora izključi, da se pragovi v njej

počasi ohlajajo (do naslednjega jutra).

**2.3 Armatura za prednapenjanje praga**

Nova proizvodna oprema je tu omogočila bistven preskok v lastnostih izdelanega praga. Namesto prejšnjega adhezijskega napenjanja pletenih žic 3φ3 mm, ki je zagotavljalo polno prednapetje betona šele ca. 40 cm od končne površine praga, imajo sedaj napenjalne palice φ 7 mm na obeh konceh hladno oblikovane glavice, da jih napnemo s sidrnimi ploščicami, ki ostanejo v betonu. Tako je prag polno napet po celotni dolžini (razen končnih nekaj cm, kjer beton služi kot zaščitni sloj jeklenih elementov pred korozijo).

Po dve armaturni palici imata na obeh straneh skupno sidrno ploščico, vsak par pred betoniranjem z napenjalnimi vijaki ustrezno napnemo. Pred razopazanjem napenjalne vijake odvijemo in izvlečemo iz otrdelega praga, tako nastale luknje pa zapolnimo s cementno malto. Ker torej par palic napenjamo hkrati, morata biti res enako dolgi, da ne bi krajša prevzela večjo silo in zaradi tega počila. Zato palice že od proizvajalca dobivamo natančno odrezane (dolge 2520 mm). Sidrne ploščice na pare palic natikamo sami, hkrati na posebnem stroju formiramo še sidrne glavice.

Sistem sidranja je povsem enak sidranju žic, npr. na zategah novega avtocestnega mostu čez Ljubljano, tudi tam gre za gladke palice φ 7 mm z glavicami, le da je za posamezno zatego mostu potrebnih več žic in da je sidrna plošča le ena, skupna.

**3. NAMESTO SKLEPA: PREVERITEV USTREZNOSTI PRAGA**

**3.1 Računska preveritev**

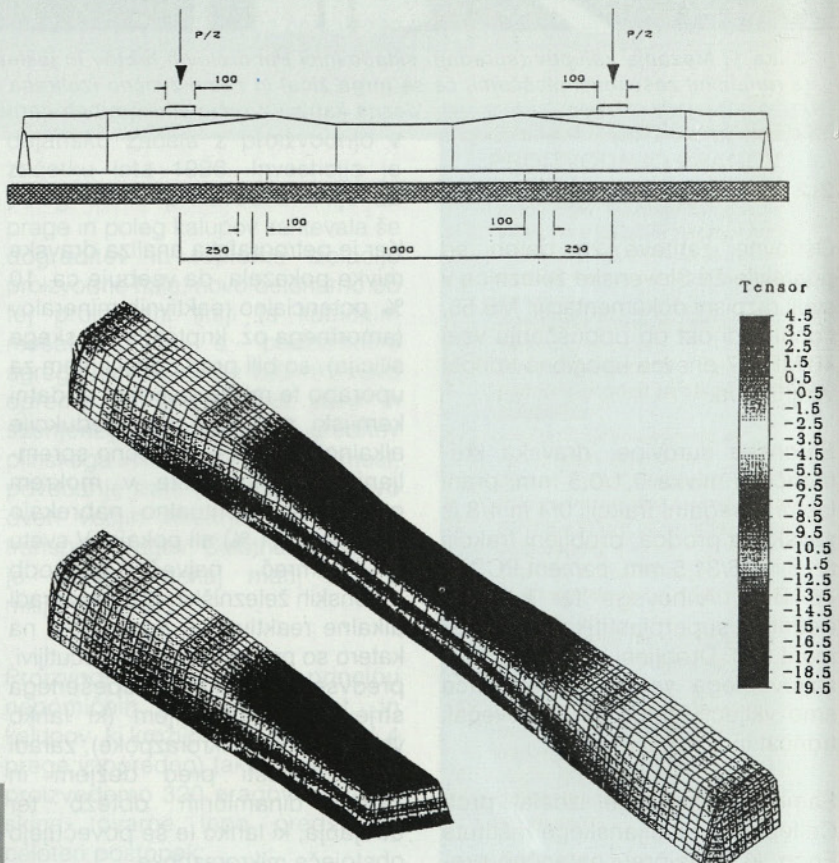
Računsko prevero je izvedel inž. Brogi iz italijanske firme Technorail, na podlagi predvidenih obtežb kolesnih osi (statična 225 kN, dinamična 300 kN), hitrosti vlakov (160 km/h), razmaka pragov (60 cm) in upogibnih momentov vzdolž praga, kot so jih podali strokovnjaki slovenskih železnih.

Nekaj vrednosti iz računske preveritve: privzet je modul elastičnosti betona 36.000 N/mm<sup>2</sup>, začetna sila napenjanja znaša 79 % pretržne sile (kar da 50 kN na žico φ 7 mm), izgube prednapetja zaradi relaksacije, elastične deformacije betona ter krčenja in tečenja betona so računane po Eurocode 2 in znašajo skupno ca. 30 %.

Kot zanimivost je tu prikazan primer preveritve notranjih napetosti v pragu pri standardno predpisanem statičnem testu (preveritev momentov v sredini praga).

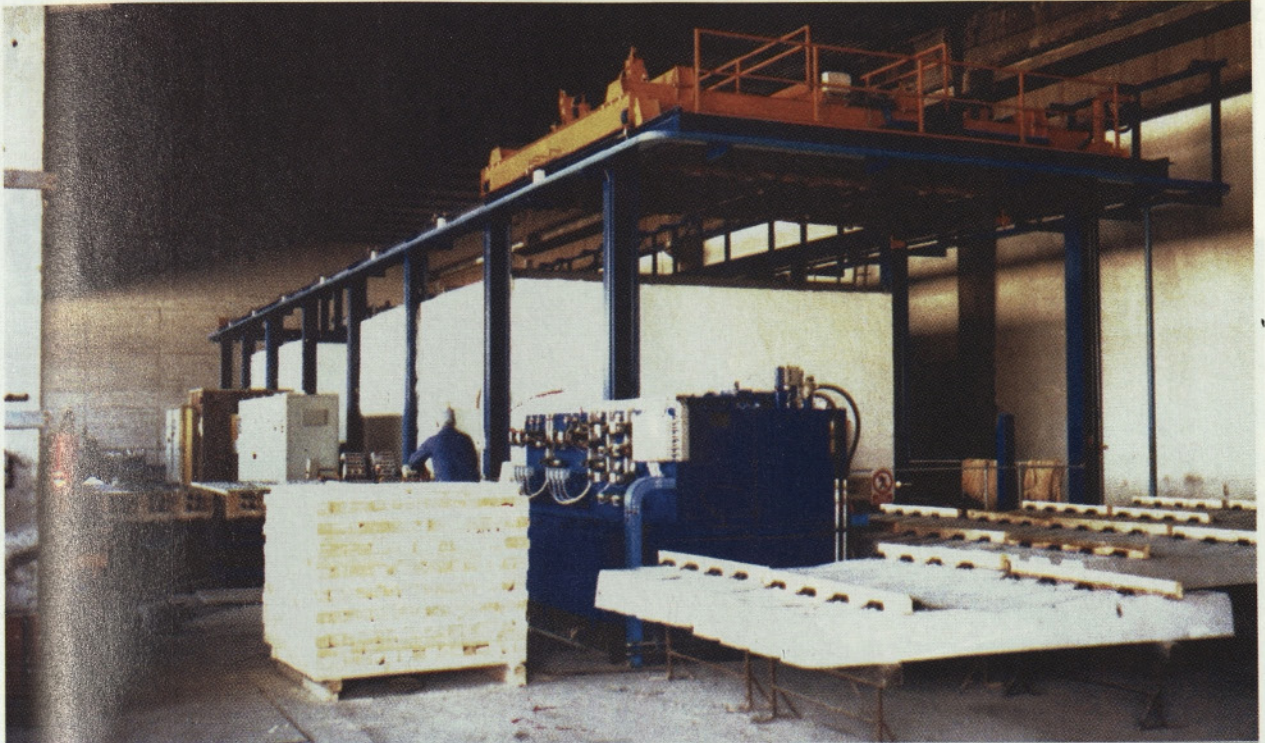
**3.2 Tipski preskus**

Izdelane pragove iz začetka stabilne proizvodnje pa smo tudi eksperimentalno preverili. Tipski preskus pragov je izvedel ZAG Slovenije junija in julija 1996, in sicer na podlagi nemških predpisov. Na pet vzporednih pragih je izvedel statične in dinamične preskuse (2 milijona obtežbenih ciklov) na momente v sredini praga in na momente pod ležiščem tirnice ter dva tipa obremenitev z udarcem. Vsi rezultati so bili znatno nad zahtevanimi.



**Skica 3:** Notranje napetosti  $S_{xx}$  v pragu pri standardnem statičnem testu





*Slika 2: Zorilne komore se polnijo z vrha z avtomatskim mostnim dvigalom, ki prenaša po tri kalupe hkrati. Ko je posamezna komora polna, se prekrije s pokrovom*



*Slika 3: Zadaj popuščanje (= odvijanje napenjalnih vijakov), spredaj razopaženje pragov*

## A. PETELN: Nova generacija betonskih železniških pragov



Slika 4: Spredaj razopaženje, zadaj roka za prenos izdelanih pragov na odpremno linijo

### 3.3 Tekoča kontrola kakovosti

Poleg tega smo (v skladu z izdelanim programom zagotavljanja kakovosti, ki je temeljil na predpisu TL 918143 Nemških železnic) uvedli

redno tekočo kontrolo:

- betona (izpisov posameznih mešanic, kot jih tiska računalnik betonarne, tlačnih in upogibnih trdnosti ter zrelosti betona ob popuščanju),

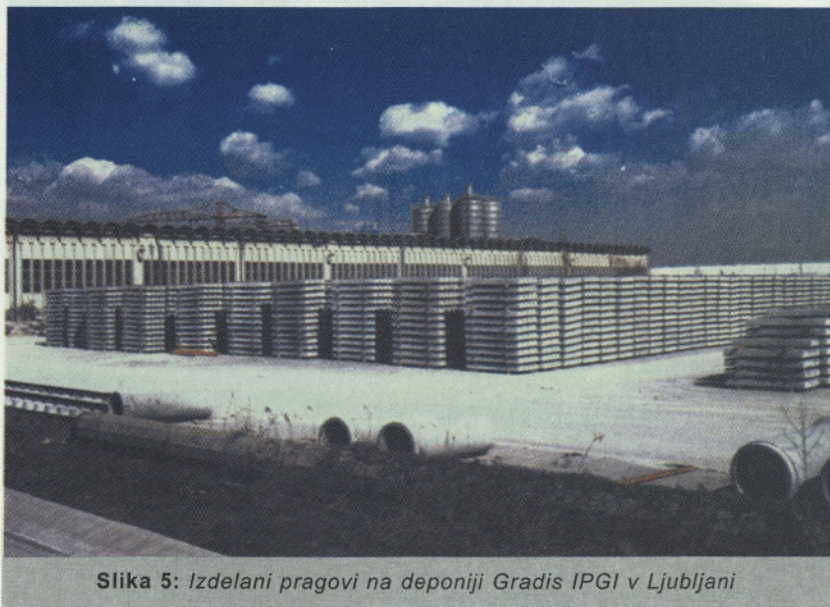
- napenjanja (dnevno na treh pragih, ločeno za vsak napenjalni vijak),

- parjenja (na osnovi časovnih zapisov gibanja temperature v vsaki celici) in

- izdelanih pragov (upogibni preskus, dimenzijska kontrola s posebnimi kontrolniki, ustrezna zalitost volumna praga, odsotnost okruškov, razpok, gnezd, poroznih mest...).

Tekoča kontrola se izvaja ob vsakodnevni prisotnosti pooblaščenih inšpektorjev ljubljanskega Inspecta, ki na koncu prevzem brezhibnih pragov tudi potrdijo z žigom Slovenskih železnic.

Vsak prag je trajno sledljiv, tako glede dneva proizvodnje kot tudi kalupa, v katerem je bil vlit.



Slika 5: Izdelani pragovi na deponiji Gradis IPGI v Ljubljani

### 3.4 Obnašanje v progi

Končno besedo o ustreznosti praga

pa seveda lahko podajo le vzdrževalci prog in ljudje, ki se peljejo na vlaku. Ti poročajo, da

vlaki na progah, obnovljenih z Gradisovimi novimi betonskimi pragi, tečejo zelo lepo in mirno.



Slika 6: Strojno polaganje pragov v progo

## LITERATURA

1. Raziskovalna naloga: Corel Tone: "Prednapeti betonski železniški pragovi", Gradis, Ljubljana, 1988
2. Technische Lieferbedingungen der Deutschen Bundesbahn "Spannbetonschwellen" - TL 918-143, Bundesbahn-Zentralamt Minden, 1987
3. Grundsätze für Bemessung, Bauart und Zulassungsverfahren für Spannbetonschwellen, Bundesbahn-Zentralamt München, 1983
4. Advanced technology for the production of concrete sleepers, Technorail Firenze, 1995

# GRADBENI VESTNIK

GLASILO ZVEZE DRUŠTEV GRADBENIH INŽENIRJEV IN TEHNIKOV SLOVENIJE

## LETNIK XXXVII - 1998

Revija izdaja:  
**ZVEZA DRUŠTEV GRADBENIH  
INŽENIRJEV IN TEHNIKOV  
SLOVENIJE  
V LJUBLJANI**

Glavni in odgovorni urednik:

Franc ČAČOVIČ

Lektor:

Alenka RAIČ - BLAŽIČ

Tehnični urednik:

Danijel TUDJINA

Uredniški odbor:

Sergej BUBNOV

mag. Gojmir ČERNE

prof. dr. Miha TOMAŽEVIČ

dr. Ivan JECELJ

Andrej KOMEL

Stane PAVLIN

dr. Franci STEINMAN

Tisk:

Tiskarna TONE TOMŠIČ d.d.

v Ljubljani

Ljubljana 1998



**tiskarna  
tone tomšič d.d.**



**1000 LJUBLJANA, GREGORČIČEVA 25A  
• 061/126 32 19 • FAX 061/218 646**

*Cenjeni poslovni partnerji!  
Nudimo vam kvalitetne in hitre  
usluge stavljenja, preloma,  
ofsetnega tiska, knjigotiska  
in različne vezave.*

*Obiščite nas in se prepričajte!*

*Nudimo kvalitetne izdelke po konkurenčnih  
cenah.*

*Izdelujemo vse vrste fotokopij in vezav.*



# GRADIS

## GIZ GRADIS

### **Gospodarsko interesno združenje gradbeno industrijskih podjetij GRADIS**

Šmartinska cesta 134a, 1122 Ljubljana

Tel.: 061 1842 440, Fax: 061 1842 437

Elektronska pošta: [giz.gradis@gradis-giz.si](mailto:giz.gradis@gradis-giz.si)

### **Dejavnosti združenja:**

inženiring dejavnosti, projektiranje in izvajanje vseh vrst gradbenih del, storitve gradbene mehanizacije in opreme, proizvodnja in montaža betonskih polizdelkov, proizvodnja gradbenih strojev in opreme ter zagotavljanje in kontrola kakovosti gradbenih del.

Članice združenja so:

**Gradis Gradbeno podjetje Ljubljana, d.d.,**  
Ulica Gradnikove brigade 11, Ljubljana

**Gradis, Nizke gradnje, d.d.,**  
Lavričeva 3, Maribor

**Gradis, Gradbeno podjetje Celje, d.d.,**  
Ulica XIV. divizije 10, Celje

**Gradis, Gradbeno podjetje Jesenice, p.o.,**  
Prešernova 5, Jesenice

**Gradis, Gradnje Ptuj, d.d.,**  
Ormoška 22, Ptuj

**Gradis NOVA, Podjetje za gradbeništvo in proizvodnjo, d.o.o.,**  
Maribor, Gregorečeva 28 a, Maribor

**Gradis, Gradbeništvo, d.o.o.,**  
Dobja vas 125, Ravne na Koroškem

**Gradis, Strojno prometna operativa, d.d.,**  
Šmartinska 32, Ljubljana

**Gradis Inženiring, d.d., Ljubljana,**  
Letališka 33, Ljubljana

**Gradis, Biro za projektiranje Maribor, d.o.o.,**  
Lavričeva 3, Maribor

**Gradis, Biro za projektiranje, d.o.o. Ljubljana,**  
Ulica Gradnikove brigade 11, Ljubljana

**Gradis, Tehnične, ekonomske in organizacijske storitve, d.d.,**  
Šmartinska 134 a, Ljubljana

**Gradis, Tovarna strojev in naprav Ljubljana, d.o.o.,**  
Letališka 33, Ljubljana

# KAZALO ZA LETNIK XXXVII, 1998

## ČLANKI, ŠTUDIJE, RAZPRAVE ARTICLES, STUDIES, PROCEEDINGS

DUHOVNIK Janez: PRVI SLOVENSKI PREDSTANDARDI ZA VPLIVE NA KONSTRUKCIJE FIRST SLOVENIAN PRESTANDARDS FOR ACTION ON STRUCTURES .....	29
DROBEŽ Jože: PROJEKTIRANJE IN IZVEDBA OPORNEGA ZIDU IN PILOTNE STENE OZ-06 NA AVTOCESTNEM ODSEKU VRANSKO - BLAGOVICA DESIGN AND CONSTRUCTION OF RETAINING WALL AND PILE WALL OZ-06 ON THE MOTORWAY SECTION VRANSKO - BLAGOVICA .....	284
GUMILAR Vladimir: ZNAK KAKOVOSTI V GRADITELJSTVU QUALITY MARK IN THE BUILDING INDUSTRY .....	77
GABRIJELČIČ Peter: MOSTOVI S POŠEVNIMI ZATEGAMI - SIMBOLI ČASA CABLE-STAYED BRIDGES - EPOCH SYMBOLS .....	238
GRADIS - Nizke gradnje d.d.: PREMOŠČANJE PO TEHNOLOGIJI NARIVANJA PUSHING - OVER TECHNOLOGY .....	262
GRADIS - Nizke gradnje d.d.: IZVEDBA OBJEKTOV PO TEHNOLOGIJI VRIVANJA V ŽELEZNIŠKI NASIP JACKING TROUGH RAILWAY ENBANKMENT TECHNOLOGY .....	267
GRADIS - Nizke gradnje d.d.: TRAJNO GEOTEHNIČNO SIDRO GRADIS GNSS - n PERMANENT GEOTECHNICAL ANCHOR GRADIS GNSS -n .....	271
KOVAČ Matjaž: CESTNO - PROMETNI TRG EVROPSKE SKUPNOSTI E.U. ROAD TRAFFIC MARKET .....	59
KOVIČ Silvija: GRADBENI CENTER SLOVENIJE SLOVENIA'S BUILDING CENTER .....	75
KORPAR Ljubo: PROJEKTIRANJE IN GRADNJA NADVOZOV NA VOZLIŠČU AC V SLIVNICI DESIGN AND CONSTRUCTION OF OVERPASSES AT SLIVNICA MOTORWAY JUNCTION .....	277
LESKOVEC Boris: NEKATERI KONSTRUKTIVNI IN TEHNOLOŠKI VIDIKI, POMEMBNI PRI ZASNOVI SODOBNIH ŠPORTNIH DVORAN SOME CONSTRUCTIONAL AND TECHNOLOGICAL ASPECTS OF THE CONTEMPORARY SPORTS HALLS DESIGN .....	9
LAPAJNE Svetko: ARHITEKTURA - INŽENIRSTVO ALI UMETNOST ARCHITECTURE - ENGINEERING OR ART .....	25

LAPAJNE Svetko: UPOGIBNI MOMENTI V NESKONČNO ŠIROKI PLOŠČI ZARADI POSAMEZNE KONCENTRIRANE OBTEŽBE BENDING MOMENTS IN AN ENDLESS WIDE PLATE DUE TO THE INDIVIDUAL CONCENTRATION LOAD .....	220
MIKOŠ Matjaž, KAVČIČ Iztok: MAJHNI VODOTOKI V MESTNEM OKOLJU - NJIHOV POMEN SMALL WATERCOURSES IN URBAN ENVIRONMENT - THEIR PLACE .....	159
MIKOŠ Matjaž, KAVČIČ Iztok: MAJHNI VODOTOKI V MESTNEM OKOLJU - NJIHOVA REVITALIZACIJA SMALL WATERCOURSES IN URBAN ENVIRONMENT - THEIR REVITALISATION .....	186
OCEPEK Drago, PIPENBAHER Marjan: IZVEDBA IZKOPA IN VZPOSTAVITEV TEHNIČNEGA OPAZOVANJA V PROSTORU GRADNJE POKRITEGA VKOPA - GALERIJE STRMEC CONSTRUCTION WITH MONITORING IN SPACE OF BUILDING COVERED CUTTING SLOPES - GALLERY STRMEC .....	249
OGRIZEK Miroslav: GRADISOVA TEHNOLOGIJA GLOBOKEGA TEMELJENJA NA ZABITIH PILOTIH GRADIS'S TECHNOLOGY OF DEEP FOUNDATION USING DRIVEN PILES .....	292
PREMROV Miroslav: DINAMIČNA INTERAKCIJA OBJEKT - TLA: PROBLEM MEHKEGA SLOJA NA TRDEM POLPROSTORU DYNAMIC SOIL - STRUCTURE INTERACTION: THE PROBLEM OF A SOFT LAYER ON A RIGID HALF SPACE .....	214
PUSOVNIK Iztok: STATIČNA SANACIJA Z UPORABO BRIZGANIH BETONOV STATIC REHABILITATION USING SPRAYED CONCRETES .....	307
PETELN Andrej: NOVA GENERACIJA PREDNAPETIH BETONSKIH ŽELEZNIŠKIH PRAGOV IZ GRADISA NEW GENERATION OF PRESTRESSED CONCRETE RAILWAY SLEEPERS FROM GRADIS .....	310
REFLAK Janez, DAMJANIĆ B. Frano: SANACIJA POLIESTRSKEGA REZERVOARJA ZA FOSFORNO KISLINO V LUKI KOPER STRENGTHENING AND REPAIR OF POLYESTER RESERVOIR FOR THE STORAGE OF PHOSPHOR ACID IN "LUKA KOPER" .....	34
RAKAR Albin: INSTRUMENTI ZEMLJIŠKE POLITIKE V POGOJIH TRŽNEGA GOSPODARSTVA IN ENAKOPRAVNOSTI LASTNIN THE LAND POLICY INSTRUMENTS IN CONDITIONS OF MARKET ECONOMY AND IN PLURALISM OF PROPERTIES .....	128
ROŽIČ Dušan, MARKELJ Viktor, PIPENBAHER Marjan: RAČUNALNIŠKA SIMULACIJA KOT POMOČ PRI PROJEKTIRANJU INŽENIRSKIH KONSTRUKCIJ CAD AND RENDERING FOR BRIDGE DESIGN .....	210
RAZPOTNIK Silva: PREDSTAVITEV KNJIŽNICE ZAVODA ZA GRADBENIŠTVO SLOVENIJE INTRODUCING OF LIBRARY OF SLOVENIA'S NATIONAL BUILDING AND CIVIL ENGINEERING INSTITUTE .....	70



STANEK Marjan: MODELIRANJE ARMATURE TER NJENE POVEZAVE Z BETONOM MODELLING OF REINFORCEMENT EMBEDDED CONCRETE .....	144
SAJE Franc, SAJE Drago: NADZIDAVALNA ZVONIKOVA ŽUPNIJSKE CERKVEV MIRNI PEČI OVERBUILDING THE CHURCH TOWER IN MIRNA PEČ .....	196
SAJE Drago, KAVČIČ Franci: VPLIV SESTAVNIH MATERIALOV NA MEHANSKE LASTNOSTI BETONOV VISOKIH TRDNOSTI INFLUENCE OF CONSTITUENT MATERIALS ON MECHANICAL PROPERTIES OF HIGHSTRENGTH CONCRETE .....	203
ŠTUHEC Mirko: PROIZVODNJA BETONA PRODUCTION OF CONCRETE .....	302
ŠUBIČ KOVAČ Maruška: PRIDOBIVANJE ZEMLJIŠČ ZA GRADNJO IN NJIHOVO VREDNOTENJE V SLOVENIJI BUILDING LAND ACQUIREMENT AND VALUATION IN SLOVENIA .....	118
TOLLAZZI Tomaž, MAHER Tomaž, ZAJC Ljubo: KROŽNA KRIŽIŠČA - KROŽIŠČA ROUNDAABOUTS .....	2
TOMAŽEVIČ Miha: POTRES NA BOVŠKEM: RDEČIM PIKAM OB ROB THE EARTHQUAKE OF BOVEC: APROPOS OF RED MARKS .....	170
TURK Goran, GRUDEN Gregor: VPLIV TEMPERATURE OKOLJA IN SONČNEGA SEVANJA NA TEMPERATURNI RAZPORED V CEVI THE INFLUENCE OF SURROUNDING TEMPERATURE AND INSOLATION ON TEMPERATURE DISTRIBUTION IN THE TUBE .....	152
ZBAŠNIK - SENEGAČNIK Martina, KRESAL Janez: KRITERIJI ZA IZBOR GRADIV CRITERIA FOR THE SELECTION OF MATERIALS .....	19
ZBAŠNIK - SENEGAČNIK Martina: PRINCIPI EKOLOŠKE GRADNJE ECOLOGICAL BUILDING PRINCIPLES .....	64
ZUPANČIČ Dušan, RODOŠEK Edo: EKONOMIČNOST GRADITVE IN UPORABE STANOVANJSKEGA FONDA ECONOMIES OF CONSTRUCTION AND USE OF RESIDENTIAL BUILDINGS .....	137
ZAVRŠKI Marko, AČANSKI Vukašin, ĐURIČ Branko: PROJEKTIRANJE IN IZVEDBA MOSTU HC 4,5 - 12 POD ŽELEZNIŠKO PROGO NA HC BDC - SLIVNICA DESIGN AND CONSTRUCTION OF BRIDGE HC 4,5-12 BELOW RAILWAY TRACK ON THE HIGHWAY BDC - SLIVNICA .....	256
WALLACE Philip: PROIZVODNJA IN MONTAŽA POŠEVNIH ZATEG ZA MOST ČEZ LJUBLJANICO FABRICATION AND ERECTION OF STAY CABLES FOR THE BRIDGE OVER LJUBLJANICA .....	244

## **POROČILA INFORMACIJE REPORTS, INFORMATION**

INŽENIRSKA ZBORNICA SLOVENIJE: PRAVILNIK O PROGRAMU IN NAČINU OPRAVLJANJA STROKOVNIH PRI INŽENIRSKI ZBORNICI SLOVENIJE .....	79
ETIČNI KODEKS ČLANOV INŽENIRSKO ZBORNICE SLOVENIJE ETHIC CODE OF INGENEURS CHAMBER'S MEMBERS .....	85
PRAVILNIK O VSEBINI IN NAČINU VODENJA DNEVNICA O IZVAJANJU DEL, TER O NAČINU OZNAČITVE GRADBIŠČA .....	89
PRAVILNIK O MERILIH ZA DOLOČANJE ZAHTEVNIH OBJEKTOV PO ZAKONU O GRADITVI OBJEKTOV .....	100
PRAVILNIK O PODROBNEJŠI VSEBINI PROJEKTNE DOKUMENTACIJE .....	102
MIKOŠ Matjaž: NA FAKULTETI ZA GRADBENIŠTVO IN GEODEZIJO UNIVERZE V LJUBLJANI BO STEKEL NOV UNIVERZITETNI ŠTUDIJSKI PROGRAM "VODARSTVO IN KOMUNALNO INŽENIRSTVO" NEW UNIVERSITY STUDY PROGRAMME "WATER AND SANITARY ENGINEERING" AT THE FACULTY OF CIVIL AND GEODETIC ENGINEERING UNIVERSITY IN LJUBLJANA .....	86
REFLAK Janez: OSNOVE IZHODIŠČ ZA STROKOVNE IZPITE S PODROČJA GRADBENE STROKE .....	53
ZDGIT Slovenije: STATUT ZVEZE GRADBENIH INŽENIRJEV IN TEHNIKOV SLOVENIJE .....	39
FAKULTETA ZA GRADBENIŠTVO IN GEODEZIJO: ORGANIZACIJA UPRAVLJANJA IN KADROVSKA STRUKTURA .....	223

## **ODMEV RESOUNDING**

BUBNOV Sergej: PAVEL GÖSTL: SREČANJE S STAVBARJI .....	54
---	----

## IN MEMORIAM

BUBNOV Sergej: MARJAN BRILLY, dipl. inž. ....	228
HUMAR Gorazd: JOSIP VITEK, dipl. inž. gradb. ....	55
MUŠIČ Jože: MILOŠ TURK, dipl. inž. gradb. ....	115
PANJAN Jože: prof. dr. JANKO SKETELJ ....	231
REFLAK Janez: FRANO BORIS DAMJANIĆ ....	183
SAJE France: prof. dr. SRDAN TURK ....	234

### POPRAVKI TEHNIČNIH NAPAK

za članek: ORGANIZACIJA UPRAVLJANJA IN KADROVSKA STRUKTURA  
bodo objavljeni v št. 1-2/1999.

Avtor nekrologa za pokojnim prof. dr. Srdanom Turkom ni Jože Panjan,  
temveč France Saje.

Za napake se opravičujemo!