

# Hidraulička analiza i model Vranskog jezera za postojeće i projektirano stanje u dvije varijante

---

**Radanović, Sanja**

**Master's thesis / Diplomski rad**

**2020**

*Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj:*

**University of Split, Faculty of Civil Engineering, Architecture and Geodesy / Sveučilište u Splitu, Fakultet građevinarstva, arhitekture i geodezije**

*Permanent link / Trajna poveznica:* <https://urn.nsk.hr/urn:nbn:hr:123:526738>

*Rights / Prava:* [In copyright](#)/[Zaštićeno autorskim pravom.](#)

*Download date / Datum preuzimanja:* **2024-12-27**



*Repository / Repozitorij:*

[FCEAG Repository - Repository of the Faculty of Civil Engineering, Architecture and Geodesy, University of Split](#)



UNIVERSITY OF SPLIT



DIGITALNI AKADEMSKI ARHIVI I REPOZITORIJI

**SVEUČILIŠTE U SPLITU  
FAKULTET GRAĐEVINARSTVA, ARHITEKTURE I GEODEZIJE**

# **DIPLOMSKI RAD**

**Sanja Radanović**

**Split, 2020.**

**SVEUČILIŠTE U SPLITU  
FAKULTET GRAĐEVINARSTVA ARHITEKTURE I GEODEZIJE**

**Sanja Radanović**

**Hidraulički model Vranskog jezera u postojećem i u  
projektiranom stanju**

**Diplomski rad**

**Split, 2020.**

**SVEUČILIŠTE U SPLITU  
FAKULTET GRAĐEVINARSTVA, ARHITEKTURE I GEODEZIJE**

**STUDIJ: DIPLOMSKI SVEUČILIŠNI STUDIJ GRAĐEVINARSTVA**

**KANDIDAT: Sanja Radanović**

**BROJ INDEKSA: 766**

**KATEDRA: Katedra za hidromehaniku i hidrauliku**

**PREDMET: Hidraulika**

**ZADATAK ZA DIPLOMSKI RAD**

Tema: Hidraulička analiza i model Vranskog jezera za postojeće i projektirano stanje u dvije varijante

Opis zadatka: Potrebno je analizirati hidrauličko funkcioniranje Vranskog jezera za postojeće i projektirano stanje te ih usporediti. Vransko jezero se puni dotokom od oborina iz vlastitog sliva i padavinama na samu njegovu površinu, a prazni otjecanjem kroz kanal Prosika, isparavanjem sa slobodne vodne površine, procjeđivanjem po bokovima jezera prema moru, te navodnjavanjem i vodoospkrbom. Studentica će dobiti na raspolaganje sve dnevne podatke o padavinama, razinama jezera i mora za 2010., 2011., 2012., 2013. i 2014. godinu. Podaci o protocima za vodooskrbu i navodnjavanje su dostupni kao mjesečni podaci. Isparavanje sa slobodne vodne površine treba računati po modificiranoj formuli Ivanova, za što su dostupni potrebni podaci o srednjim mjesečnim temperaturama i relativnim vlažnostima u navedenom periodu.

Gubitke vode prema moru kroz podzemlje treba kalibrirati, kao i koeficijent otjecanja sa sliva. Kako bi se što točnije računalo tečenje u kanalu Prosika nužno je izračunati krivulje protoka kroz kanal za različite razine mora i to od razine mora  $-0.60$  (m n.m.) do  $+0.80$  (m n.m.), s prirastom od po 10 (cm).

Studentica će izraditi dinamički hidraulički model u programskom jeziku Fortran kojim će se simulirati funkcioniranje Vranskog jezera. Model treba kalibrirati na podacima za 2010., 2011., 2012., 2013. i 2014. godinu te ih usporediti sa izmjerenim podacima. Nakon kalibracije potrebno je modelirati projektirano stanje koje se sastoji od ugradnje zapornice na kanalu Prosika i proširenja i produbljenja kanala.

U Splitu, 17.05.2020.

Voditelj Diplomskog rada:

Dr. sc. Davor Bojanić

Predsjednik Povjerenstva  
za završne i diplomske ispite:  
Doc. dr. sc. Ivo Andrić

## **Hidraulički model Vranskog jezera u postojećem i u projektiranom stanju**

### *Sažetak:*

U ovom diplomskom radu prikazan je hidraulički model funkcioniranja Vranskog jezera koji opisuje promjenu vodostaja u jezeru, uzimajući u obzir dotoke od oborina, podzemne gubitke prema moru, otjecanje kanalom Prosika, potrošnju vode za navodnjavanje i vodoopskrbu, te isparavanje vode s jezerske površine. Modelom je analiziran rad sustava za postojeće i za projektirano stanje u dvije varijante oblaganja kanala Prosika. Model je izrađen u programskom jeziku FORTRAN 95. Napravljen je na temelju mjerenja vodostaja jezera i mora za 2010., 2011., 2012., 2013. i 2014. godinu. Rezultati proračuna su razine u jezeru te odgovarajući protoci za postojeće i za modelirano stanje.

### *Ključne riječi:*

Hidraulički model, Vransko jezero, kanal Prosika

## **Hydraulic model of lake Vrana in existing and designed condition**

### *Abstract:*

In this graduate thesis hydraulic model has been developed describing the change of water level in Lake Vrana, having regard to the inflow of the precipitate, the sea underground losses, runoff through channel Prosika, water consumption for irrigation and water supply, and water evaporation from the lake surface. The model analyzes the operation of the system for the existing and for the designed condition in two variants of the Prosika canal lining. The model was developed in the FORTRAN 95 programming language. It was made based on gathered data of lake and sea level from 2010., 2011., 2012., 2013. and 2014. The results of the calculation are the variations of lake level and the corresponding water flows for the existing and for the modeled state.

### *Keywords:*

Hydraulic model, Lake Vrana, Channel of Prosika

## Sadržaj

1. UVOD .....	1
2. PRIKAZ PROBLEMATIKE .....	3
3. ANALIZA STANJA U KANALU PROSIKA .....	4
3.1. Postojeće stanje.....	4
3.1.1. Proračun kritične dubine na pragu .....	5
3.1.2. Proračun dubine na stacionaži 0+163.00 .....	8
3.1.3. Proračun razine u jezeru.....	9
3.2. Projektirano stanje za dvije varijante.....	12
3.2.1. Zapornica spuštена.....	12
3.2.1.1. Poniranje .....	13
3.2.1.2. Riblja staza .....	13
3.2.1.3. Apsolutna pogonska hidraulička hrapavost .....	14
3.2.1.4. Zapornica – preljev .....	14
3.2.2. Zapornica dignuta .....	15
3.2.2.1. Poniranje .....	15
3.2.2.2. Riblja staza .....	15
3.2.2.3. Apsolutna pogonska hidraulička hrapavost .....	16
3.3. Krivulje protoka za analizirana stanja .....	16
4. HIDRAULIČKI MODEL VRANSKOG JEZERA.....	24
4.1. Opis modela.....	25
4.2. Komponente vodne bilance .....	25
4.3. Postavljanje potrebnih jednadžbi i njihovo rješavanje .....	29
4.3.1. Eksplicitno – implicitna metoda .....	30
4.4. Newton-Raphsonova metoda rješavanja sustava nelinearnih jednadžbi .....	32
4.5. Slaganje sustava jednadžbi prema Newton-Raphsonovoj metodi.....	34
5. PROGRAMSKO RJEŠENJE.....	36
5.1. Ulazni podaci.....	36
5.1.1. Krivulje protoka .....	37
5.1.2. Mjesečne padaline.....	37
5.1.3. Evaporacija .....	38
5.1.4. Vodoopskrba i navodnjavanje.....	40
5.1.5. Koeficijent otjecanja .....	40

5.1.6. Algoritam rada zapornice.....	41
5.2. Ulazne datoteke za postojeće stanje .....	42
5.2.1. Formiranje ulaznih datoteka .....	42
5.3. Ulazne datoteke za projektirano stanje .....	44
5.3.1. Formiranje ulaznih datoteka .....	44
5.4. Objašnjenje programskog rješenja.....	46
5.5. Izlazna datoteka .....	48
5.5.1. Postojeće stanje .....	48
5.5.2. Projektirano stanje za dvije varijante .....	49
5.6. Rezultati proračuna.....	50
5.7. Ispitivanje točnosti modela.....	58
6. PROGRAMSKO RJEŠENJE U FORTRANU 95 .....	60
6.1. Postojeće stanje.....	60
6.2. Projektirano stanje .....	71
7. ZAKLJUČAK .....	94
8. LITERATURA.....	97
9. PRILOZI.....	98

## 1. UVOD

Vransko jezero kod Biograda smješteno je generalno paralelno s morskom obalom i pruža se smjerom sjeverozapad-jugoistok. Prostire se na cca 31 (km<sup>2</sup>) i time čini najveće slatkovodno jezero u Hrvatskoj. Vransko jezero je, sa okolnim područjem 1983. godine, proglašeno Posebnim ornitološkim rezervatom, 1999. godine Parkom prirode, a od 2013. godine nalazi se na popisu Svjetski važnih močvara. Područje obiluje izvorima pitke vode, prirodnim staništima ptica te ostalim specifičnim bioraznolikostima koje su se nastanile u ovom krškom polju ispunjenom boćatom vodom.



Slika 1. Orto-foto snimak Vranskog jezera

Sliv Vranskoga jezera rasprostire se na oko 485 (km<sup>2</sup>) (HGI, 2012), što s površinom jezera čini ukupnu površinu od oko 515 (km<sup>2</sup>).

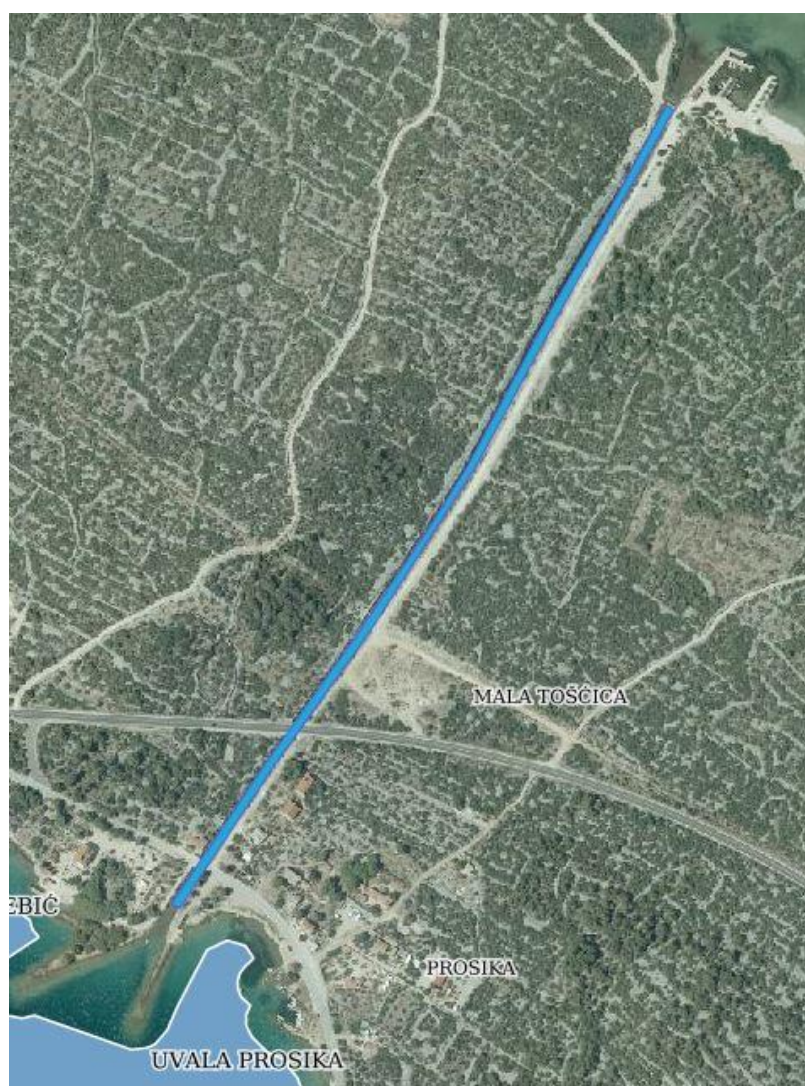
Jezero je odvojeno od mora vapnenačkim grebenom nadmorske visine 113 m. U odnosu na razinu svjetskog mora jezero čini kriptodepresiju sa kotom dna -4.0 (m). Dubina jezera se kreće



od 0.5-1 (m) na sjeverozapadnom dijelu, dok na jugoistočnom dijelu seže najveću dubinu 4-6 (m).

Vodostaj u jezeru varira od 1 do 2 (m n.m.) i ovisi o količini oborinskih voda tijekom godine na slivnom području. Najveći dotoci vode zabilježeni su u proljeće, a najniži vodostaji ljeti. Varijacije proizlaze i iz složenog hidrološkog sustava s nekontroliranim dotocima i istjecanjem karakterističnim za krške vodonosnike.

Sa ciljem sprječavanja poplava Vranskog jezera i povećanja obradivih površina godine 1770. izgrađen je kanal Prosika kojim je jezero izravno povezano s morem. Kasnije je kanal u nekoliko navrata proširivan i produbljivan. Gradnjom kanala došlo je do bioloških i ekoloških promjena u jezeru zbog ulijevanja mora u jezero pri niskim vodostajima u jezeru i istovremeno visokim razinama mora. Osim zaslanjivanja jezera negativan utjecaj ima i trend smanjivanja dotoka, porast razine mora uslijed klimatskih promjena te potreba za navodnjavanjem i vodoopskrbom.



Slika 2. Orto-foto snimak kanala Prosike

## 2. PRIKAZ PROBLEMATIKE

Vransko jezero prihranjuje se putem oborinskih voda palih na sliv, podzemnim dotjecanjem u jezero i raznim izvorima na slivu što čini složen sustav prihranjivanja. Važnu ulogu ima krški vodonosnik koji je u kontaktu s morem, a karakterizira ga mnoštvo pukotina kroz koje dolazi do prodora mora u jezero, ili do otjecanja iz jezera u more pri višim vodostajima u jezeru u odnosu na razinu mora. Prodor mora moguć je i putem kanala Prosika za vrijeme sušnih razdoblja i plime, međutim ta situacija se rijetko događa.

Kanal Prosika izgrađen je u duljini od 931.18 (m) s dnom širine 4 (m) koji je kasnije proširen na 8 (m). Poprečni profil kanala je trapeznog oblika s gotovo vertikalnim pokosima. Tečenje u kanalu se odvija u dva smjera. Kada je razina u jezeru viša od razine mora i kote dna kanala, jezerska voda teče prema moru, a kada je razina u jezeru niža od razine mora i kote dna kanala, more utječe u jezero. U hladnijem dijelu godine nadvišenje jezera nad morem je najizraženije, dok ljeti ta razlika opada, čime se zaslanjenje jezera povećava uslijed direktnog prodora mora u jezero. Osim direktnog prodora odvija se i prodor mora kroz pukotine u grebenu. Razina vode u jezeru oscilira od -0.59 (m n.m.) do 2.25 (m n.m.), dok je srednja razina jezera, dobivena na temelju podataka iz razdoblja 1948. - 2010., jednaka 0.83 (m n.m.).

Kota dna kanala do nedavno je bila skoro horizontalna na cijeloj svojoj duljini sa maksimalnom kotom dna na +0.35 (m n.m.). Da bi se usporilo otjecanje vode iz jezera, produžilo njeno zadržavanje u ljetnim mjesecima i time smanjilo zaslanjenje 2009. godine izveden je prag s nadvišenjem u sredini kanala na koti 0.41 (m n.m.). Prag je izveden u duljini od 8.4 (m), s kotom 0.41 (m n.m.) u središnjem dijelu u širini od 1 (m) i kotom od 0.50 (m n.m.) na krajnjem lijevom i desnom rubu praga. Izgradnjom praga djelomično je riješen problem zaslanjivanja kroz kanal. Smanjen je direktan prodor mora, ali ne u potpunosti. Osim toga prokop kanala izveden je u jako okršenoj stijenskoj masi koja omogućava prodor mora kroz dno i bokove kanala. Izgradnjom praga tako ipak nije u značajnije riješen problem zbog mogućnosti prodora mora kroz dno kanala i bokove.

U ovom radu analizirat će se novo projektirano stanje koje uključuje izgradnju zapornice na stacionaži 167.76 (m). Glavna svrha izgradnje zapornice je zadržati vodu u jezeru u sušnim periodima, spriječiti prodor mora u jezero i omogućiti efikasno otjecanje iz jezera za vrijeme velikih vodostaja u jezeru. Svrha ovog rada je izrada modela koji dobro opisuje projektirano stanje i usporedba s postojećim stanjem, kako bi se izračunao učinak izgradnje. Numeričkim

modelom postojećeg i projektiranog stanja dobivene su varijacije razina u jezeru za mjerene razine mora u razdoblju od početka 2010. do kraja 2014. godine.

### 3. ANALIZA STANJA U KANALU PROSIKA

#### 3.1. Postojeće stanje

Intervencijom u kanalu planira se poboljšati postojeće stanje. Da bi se odabralo adekvatno rješenje potrebno je izračunati krivulje protoka u kanalu. Te krivulje će dati ovisnost ukupnog protoka u kanalu Prosika u funkciji vodostaja u jezeru za odabrane razine mora u rasponu od -0.6 (m n.m.) do +0.8 (m n.m.).

Krivulje protoka za postojeće stanje definirane su tako da su uzeti u obzir gubici vode kroz dno i bokove kanala kao i njegova geometrija, i to za 15 različitih razina mora. Veličina gubitaka vode u kanalu Prosika temelji se na mjerenju od 02. srpnja 2009. godine koje je proveo Građevinski fakultet Rijeka. Mjerenjem je utvrđen protok na početku kanala od 0.502 (m<sup>3</sup>/s), te protok od 0.055 (m<sup>3</sup>/s) na kraju kanala. Gubitak vode na poniranje duž kanala je iznosio 0.447 m<sup>3</sup>/s. Razlika razine vode u jezeru i razine mora iznosila je 0.80 (m).

Pretpostavlja se da vrijedi sljedeći izraz za protok poniranja :

$$Q_{pon.} = c \cdot \sqrt{h_j - h_m} \quad (1)$$

Na temelju raspoloživih podataka određen je koeficijent  $c$ .

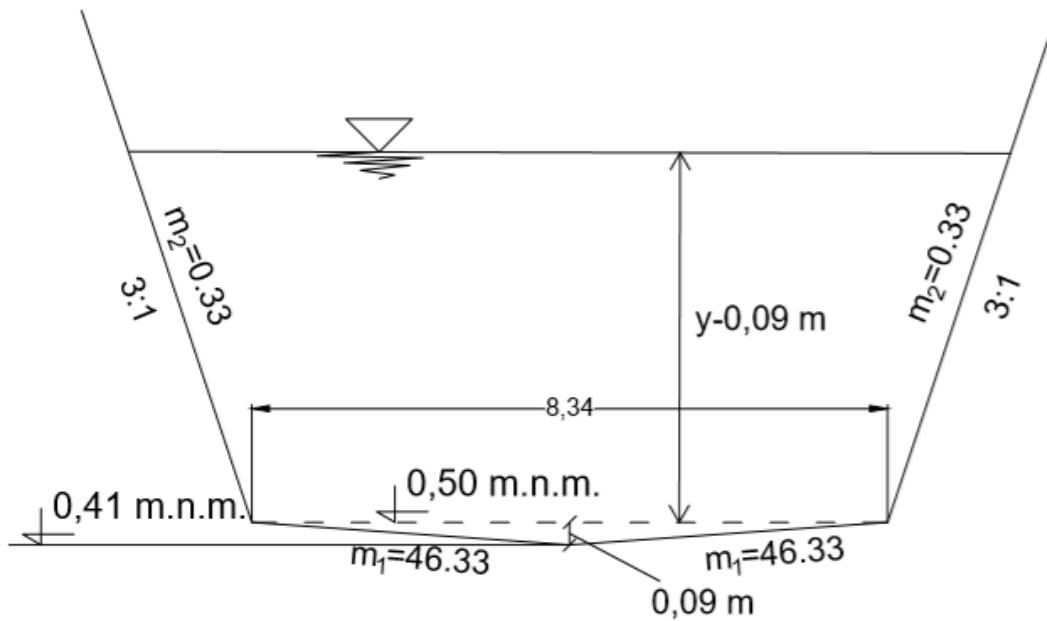
$$c = \frac{Q_{pon.}}{\sqrt{h_j - h_m}} = \frac{0.447}{\sqrt{0.80}} = 0.49976 \quad (2)$$

Definiran je konačan izraz za protok poniranja koji vrijedi u slučaju više razine jezera u odnosu na more.

$$Q_{pon.} = 0,49976 \cdot \sqrt{h_j - h_m} \quad (3)$$

Ukoliko je more više od jezera, tada se u izrazu pod korijenom nalazi razlika razina mora i jezera umjesto jezera i mora. Osim protoka poniranja u obzir je uzet i preljevni protok  $Q_p$  preko postojećeg praga na stacionaži 0+161,81. Prag predstavlja rubni uvjet za proračun vodnog lica.

### 3.1.1. Proračun kritične dubine na pragu



Slika 3. Skica poprečnog presjeka praga

Na slici 3. prikazan je poprečni presjek praga. Na temelju poprečnog presjeka praga definiraju se sve geometrijske karakteristike potrebne za proračun kritične dubine na pragu. Za izračun je potrebna površina poprečnog presjeka te širina vodnog lica. Pritom se razlikuju dva slučaja koja proizlaze iz geometrije poprečnog presjeka.

$$m_1 = 46.33, m_2 = 0.33$$

a)  $y < 0.09$  (m)

$$A = m_1 \cdot y^2$$

$$B = 2 \cdot m_1 \cdot y$$

$$\frac{\partial B}{\partial y} = 2 \cdot m_1, \quad \frac{\partial A}{\partial y} = 2 \cdot m_1 \cdot y = B \quad (4)$$

b)  $y > 0.09$  (m)

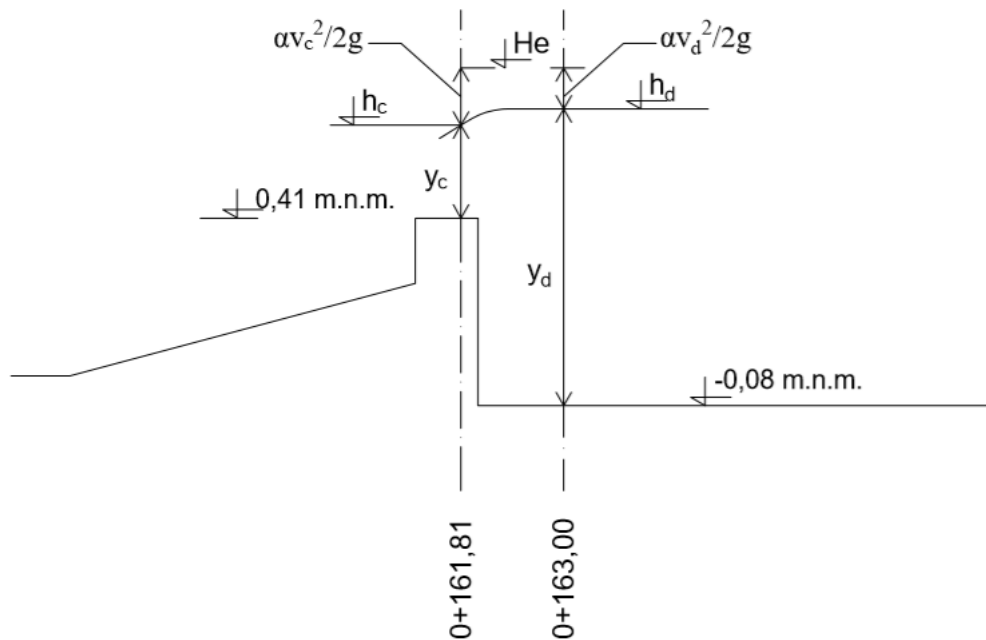
$$A_0 = \frac{0.09 \cdot 8.34}{2} = 0.3753$$

$$A = A_0 + [8.34 \cdot (y - 0.09) + (y - 0.09) \cdot m_2 \cdot (y - 0.09)]$$

$$B = 8.34 + 2 \cdot m_2 \cdot (y - 0.09)$$

$$\frac{\partial B}{\partial y} = 2 \cdot m_2, \quad \frac{\partial A}{\partial y} = 8.34 + 2 \cdot m_2 \cdot (y - 0.09) = B \quad (5)$$

Na samome pragu strujanje je kritično i dubina pri tom strujanju je kritična dubina, dubina pri kojoj je specifična energija minimalna za zadani poprečni presjek i protok. Kritična dubina ovisi samo o geometrijskim karakteristikama kanala i o protoku, a ne ovisi o padu dna kanala i hrapavosti. Froude-ov broj za kritično strujanje jednak je 1. Na slici 4. prikazana je hidraulička skica uzdužnog presjeka kanala na poziciji praga.



Slika 4. Hidraulička skica uzdužnog presjeka kanala na poziciji praga

Iz slike se uočava sljedeće:

$$H_e = 0.41 + y_c + \frac{\alpha \cdot v_c^2}{2g} = -0.08 + y_d + \frac{\alpha \cdot v_d^2}{2g} \quad (6)$$

Nepoznanice su  $H_e$ ,  $y_c$  i  $y_d$ . Kritična dubina  $y_c$  dobije se za odabrani preljevni protok iz uvjeta kritičnog strujanja za koje je Froude-ov broj jednak 1.

$$Fr = \frac{\alpha \cdot Q^2 \cdot B}{g \cdot A^3} = 1 \quad (7)$$

gdje su:

$\alpha$  - Coriolisov koeficijent

$Q$  – protok ( $\text{m}^3/\text{s}$ )

$A$  - površina poprečnog presjeka ( $\text{m}^2$ )

$B$  - širina vodnog lica (m)

$Fr$  - Froude-ov broj.

Da bi se odredila kritična dubina na preljevu primijenit će se Newtonova metoda. U tu svrhu potrebno je formirati funkciju  $F$  i odrediti njezinu nul točku. Nagib tangente na krivulju funkcije  $F$  je derivacija funkcije  $F$  po nepoznatoj dubini  $y$ .

$$F = \frac{\alpha \cdot Q^2 \cdot B}{g \cdot A^3} - 1 \quad (8)$$

$$\frac{\partial F}{\partial y} = \frac{\alpha \cdot Q^2}{g} \cdot \frac{\frac{\partial B}{\partial y} \cdot A^3 - B \cdot 3 \cdot A^2 \cdot \frac{\partial A}{\partial y}}{A^6} \quad (9)$$

Proračun je iterativan. Za odabrani preljevni protok i pretpostavljenu kritičnu dubinu izračunaju se geometrijske karakteristike, kota linije energije  $H_e$ , vrijednost funkcije  $F$  kao i pripadne derivacije. Nova vrijednost kritične dubine računa se koristeći izraz:

$$y_c^{i+1} = y_c^i - \frac{F(y_c^i)}{\frac{\partial F}{\partial y}(y_c^i)} \quad (10)$$

gdje su:

$y_c^{i+1}$  - vrijednost kritične dubine u  $i+1$  koraku

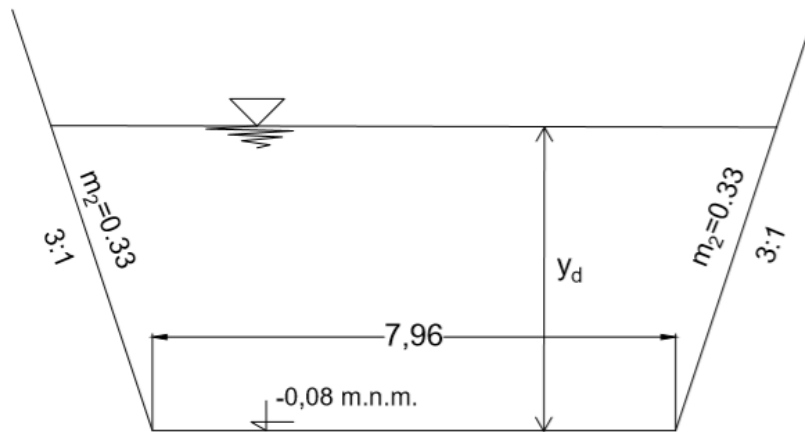
$y_c^i$  - vrijednost kritične dubine u  $i$ -tom koraku

$F(y_c^i)$  - vrijednost funkcije  $F$  za  $y_c^i$

$\frac{\partial F}{\partial y}(y_c^i)$  - vrijednost derivacije funkcije  $F$  za  $y_c^i$ .

Proračun se ponavlja do dovoljne točnosti.

### 3.1.2. Proračun dubine na stacionaži 0+163.00



Slika 5. Skica poprečnog presjeka na stacionaži 0+163.00

Nakon što je određena kritična dubina na preljevu, a time i kota linije energije na preljevu, može se odrediti i nepoznanica  $y_d$  iz izraza (6), primjenom Newtonove metode proračuna za nelinearne jednačbe. Iz izraza (6) formira se nova funkcija  $F$  i njena parcijalna derivacija.

$$F = H_e - 0.08 - y_d - \frac{\alpha \cdot v_d^2}{2g} \quad (11)$$

$$\frac{\partial F}{\partial y_d} = -1 - \frac{\alpha \cdot Q^2}{2 \cdot g \cdot A_d^3} \cdot \frac{\partial A_d}{\partial y_d} \quad (12)$$

Prije iterativnog postupka definiraju se geometrijske karakteristike poprečnog presjeka na stacionaži 0+163.00 na temelju normalnog poprečnog presjeka, kao i potrebne derivacije.

$$A_d = \left(7.96 + \frac{1}{3} \cdot y_d\right) \cdot y_d \quad (13)$$

$$B_d = 7.96 + \frac{2}{3} \cdot y_d \quad (14)$$

$$\frac{\partial A_d}{\partial y_d} = 7.96 + \frac{2}{3} \cdot y_d = B_d \quad (15)$$

Proračun je iterativan. Za odabrani preljevni protok i pretpostavljenu dubinu  $y_d$  izračunaju se geometrijske karakteristike, vrijednost funkcije kao i pripadne derivacije. Nova vrijednost dubine  $y_d$  računa se koristeći izraz:

$$y_d^{i+1} = y_d^i - \frac{F(y_d^i)}{\frac{\partial F}{\partial y}(y_d^i)} \quad (16)$$

gdje su:

$y_d^{i+1}$  - vrijednost dubine na stacionaži 0+163.00 u i+1 koraku

$y_d^i$  - vrijednost dubine na stacionaži 0+163.00 u i-tom koraku

$F(y_d^i)$  - vrijednost funkcije F za  $y_d^i$

$\frac{\partial F}{\partial y}(y_d^i)$  - vrijednost derivacije funkcije F za  $y_d^i$

Proračun se ponavlja do dovoljne točnosti.

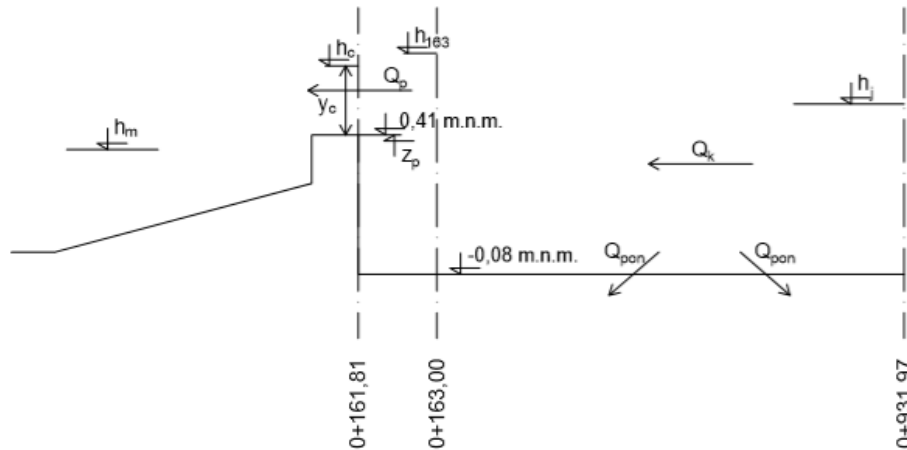
### 3.1.3. Proračun razine u jezeru

Razina vode u jezeru dobije se uzvodnim proračunom vodnog lica počevši od vodostaja na stacionaži 0+163.00. Kao što se vidi na slici 6. uzima se da je protok na stacionaži 0+163.00 jednak preljevnom protoku preko praga, a ukupni protok koji ulazi iz jezera u kanal jednak je preljevnom protoku uvećanom za protok poniranja  $Q_{pon}$ .

Vodostaj na stacionaži 0+163.00 ( $h_d$ ) jednak je zbroju vrijednosti dubine na navedenoj stacionaži i geodetske kote.

$$h_d = y_d + z_p = y_d - 0.08 \quad (17)$$





Slika 6. Skica kanala s pragom na koti 0+161,81 u slučaju  $h_j > h_m$

Navedeno vrijedi u slučaju postojanja preljevnog protoka. Ukoliko nema prelijevanja preko praga, poniranje je jedini element koji formira protok u kanalu. Kod nižih razina mora (nižih od kote praga 0.41 (m n.m.)) cijeli kanal ne sudjeluje u formiranju protoka. U tom slučaju protok poniranja smanjen je proporcionalno omjeru dužine kanala pod vodom i cijele dužine kanala od jezera do praga na stac. 0+161.81. Protok poniranja iz izraza (3) množi se s navedenim omjerom  $L_{akt.}/L_{uk.}$  i tako računa za odabranu razinu u jezeru.

$$Q_{pon.} = 0.49976 \sqrt{h_j - h_m} \cdot \frac{L_{akt.}}{L_{uk.}} \quad (18)$$

gdje su:

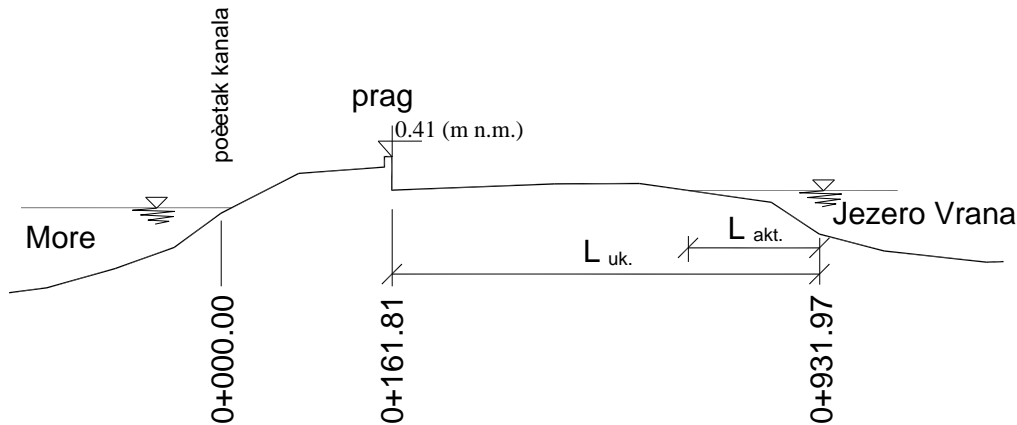
$Q_{pon.}$  – protok poniranja ( $m^3/s$ )

$h_j$  – razina vode u jezeru (m n.m.)

$h_m$  – razina mora (m n.m.)

$L_{akt.}$  – dio kanala koji sudjeluje u formiranju protoka (m)

$L_{uk.}$  – ukupna duljina kanala (m).



Slika 7. Skica kanala s označenim duljinama  $L_{akt.}$  i  $L_{uk.}$

U slučaju nižih razina mora, a jezero je više od mora i dosad sve navedeno opisivalo je taj slučaj. Međutim s obzirom da krivulja protoka ima raspon razina mora od -0.6 (m n.m.) do +0.8 (m n.m.) potrebno je analizirati i slučaj u kojem je razina mora viša od jezera.

U slučaju razine mora više od jezera i više od dna praga na stac. 0+161.81, postupak započinje uzvodnim proračunom vodnog lica od praga na stac. 0+161.81 prema moru (do stac. 0+000.00). Za odabranu razinu mora potrebno je pretpostaviti preljevni protok mora u kanal na stac. 0+161.81, te za taj protok izračunati vodno lice u uzvodnom smjeru do mora. Točan je onaj preljevni protok kod kojeg izračunata razina mora na stac. 0+000.00 odgovara odabranoj razini mora. Ovo sve vrijedi ako je prelijevanje na pragu nepotopljeno.

U slučaju potopljenog prelijevanja na pragu na stac. 0+161.81 postupak proračuna se mijenja.

Odabere se preljevni protok potopljenog prelijevanja (manji od protoka nepotopljenog prelijevanja). Za taj protok se iteracijom odredi vodostaj na stac. 0+161.81 koji je potreban da bi u uzvodnom proračunu na stac. 0+000.00, izračunata razina bila jednaka odabranoj razini mora. Iz tako određenog vodostaja na stac. 0+161.81 odredi se kota linije energije na istoj poziciji. Usvaja se da će kota linije energije na stac. 0+163.00 biti manja od kote linije energije na stac. 0+161.81 za gubitak energije koji je jednak brzinskoj visini na preljevu.

$$He_{163} = He_{161.81} - \Delta He \quad (19)$$

$$\Delta He = \frac{\alpha \cdot v^2}{2 \cdot g} \quad (20)$$

Za poznatu kotu linije energije na stac. 0+163.00 ( $H_{e163}$ ) odredi se vodostaj na istoj stacionaži postupkom kao u poglavlju 3.2.. Formira se funkcija  $F$  i njena derivacija, te se za pretpostavljenu vrijednost dubine  $y_d$  i odabrani preljevni protok  $Q_p$  izračuna površina poprečnog presjeka, vrijednost funkcije i njene derivacije. Koristeći izraze (16) i (17) dobije se izračunata vrijednost tražene dubine  $y_d$  kao i vodostaj na stacionaži 0+163.00.

Za tako određeni preljevni protok i vodostaj na stac.0+163.00, nizom proračuna vodnog lica u uzvodnom smjeru od jezera do stac. 0+163.00, odredi se razina vode u jezeru koja je potrebna kao rubni uvjet, da bi izračunati vodostaj na stac. 0+163.00 (uzimajući u obzir da je protok na uljevu kanala u jezero jednak preljevnom protoku uvećanom za protok poniranja), bio jednak vodostaju koji je izračunat prethodno opisanim postupkom.

### 3.2. Projektirano stanje za dvije varijante

Sa ciljem poboljšanja stanja u kanalu projektirane su dvije nove varijante. U prvoj varijanti pod nazivom „PROJEKTIRANO“ na kanalu Prosika ugrađuje se zapornica i riblja staza, a kanal se oblaže kamenom i betonom tako da se površina poprečnog presjeka kanala smanjuje. U drugoj varijanti, pod nazivom „PROJEKTIRANO NOVO“, ugrađuje se zapornica bez riblje staze, a kanal se najprije proširuje i produbljava, te se onda oblaže kamenom i betonom tako da se površina poprečnog presjeka kanala ne smanjuje, nego u izvjesnoj mjeri i proširuje. Izgradnja zapornice je previđena na stacionaži 0+167.76 s kotom krune na 1.05 (m n.m.). Sastoji se od tri dijela širine 2.5 (m) što ukupno čini 7.5 (m) širine. Zadaća zapornice je spriječiti otjecanje vode iz jezera u more za vrijeme viših vodostaja u jezeru, kao i dotjecanje mora u jezero koje rezultira zaslanjivanjem jezera. Zapornica (ili preljev) se, kod viših razina vode u jezeru (prijetnja poplave), podiže dovoljno visoko da ne smeta tečenju vode u kanalu.

Za svako od dva projektirana stanja razlikuju se dvije grupe krivulja protoka. Prva grupa krivulja protoka (svaka krivulja za pojedinu razinu mora) odnosi sa na stanje sa spuštenom zapornicom s kotom krune na 1.05 (m n.m.). Druga grupa krivulja protoka (svaka krivulja za pojedinu razinu mora) odnosi sa na stanje sa dignutom zapornicom.

#### 3.2.1. Zapornica spuštена

U slučaju kada je zapornica spuštена, spriječen je protok vode od jezera prema moru za razine vode u jezeru manje od 1.05 (m n.m.). Vrh zapornice se nalazi na koti +1.05 (m n.m.) čime je onemogućen preljev mora preko zapornice prema jezeru. Uzvodno od zapornice - preljeva (na stac. 0+167.76), provodi se proračun vodnog lica do jezera. Rubni uvjet je vodostaj na stac.

0+167.76 i preljevni protok (uvećan za protok riblje staze ukoliko ona postoji) na toj lokaciji. Kao rezultat dobiveni su vodostaji u jezeru i protok ( $Q_{\text{preljeva}}$  uvećan za gubitke na poniranje duž kanala od stac. 0+868.65 do stac. 0+931.97) koji predstavljaju jednu točku na krivulji protoka, za odabranu razinu mora.

### 3.2.1.1. Poniranje

Za obje varijante projektiranog stanja gubici vode duž obloženog dijela kanala ne postoje. Oblaganje kanala završava na stac. 0+868.65, tako da dio vode iz kanala ipak ponire na dionici od stac. 0+868.65 do stac. 0+931.97. Poniranje vode iz kanala na ovom dijelu računato je prema sljedećem izrazu:

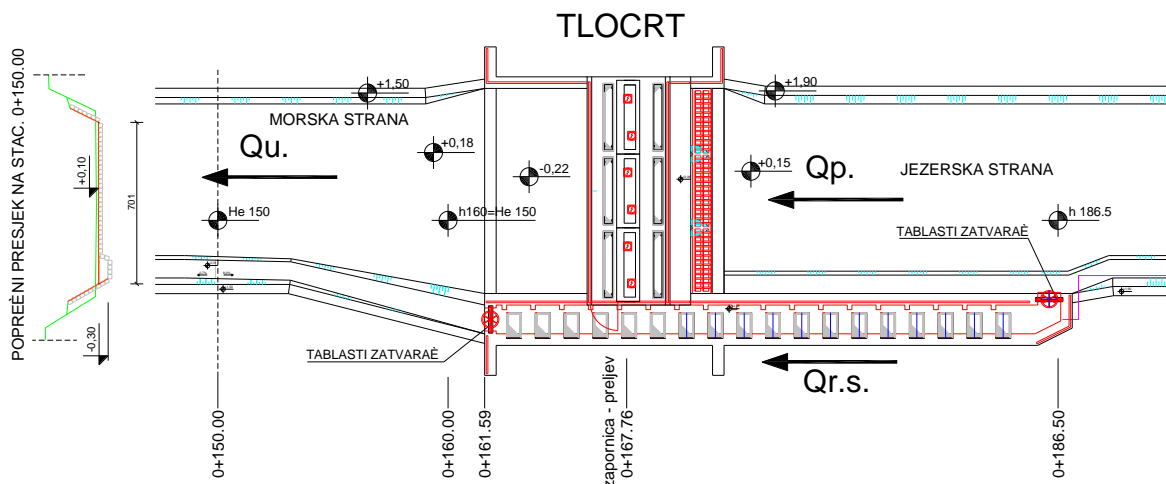
$$Q_{\text{pon.}} = 0.49976 \sqrt{h_j - h_m} \cdot \frac{63.32}{770.16} \quad (21)$$

### 3.2.1.2. Riblja staza

Riblja staza omogućuje migraciju riba iz jezera u more i obratno. Počinje na stacionaži 0+186.50, a završava na stacionaži 0+161.59. Količina vode koja stvarno teče kroz riblju stazu ovisi o vodostaju na stac. 0+186.50 i vodostaju neposredno nizvodno od zapornice (odabran vodostaj na stac. 0+160.00). Vodostaj nizvodno od zapornice ovisi o ukupnom protoku (preljevni protok + protok riblje staze), i o uspornom utjecaju mora (za dovoljno visoke razine mora).

Protok kroz riblju stazu (samo za varijantu „PROJEKTIRANO“) određen je sljedećim izrazom:

$$\begin{aligned} Q_{\text{riblja staza}} &= \frac{2}{3} c \cdot 0.51 \cdot 0.19 \cdot \sqrt{2 \cdot 9.81} \cdot (h_{186.50} - h_{160})^{3/2} \\ &= 0.286142 \cdot (h_{186.50} - h_{160})^{3/2} \end{aligned} \quad (22)$$



Slika 8. Hidraulička situacija zapornice i riblje staze

### 3.2.1.3. Apsolutna pogonska hidraulička hrapavost

Usvojena je apsolutna pogonska hidraulička hrapavost projektiranog stanja kanala u iznosu od 15 (mm).

### 3.2.1.4. Zapornica – preljev

Na stac. 0+167.76 predviđena je izgradnja pomične zapornice - preljeva koji se sastoji od 3 polja po 2.5 (m) širine.

Kota krune preljevnog praga je 1.05 (m n.m.).

Protok preko 3 preljeva u funkciji preljevne visine je:

$$Q_{\text{preljeva}} = 3 \cdot m \cdot B \cdot \sqrt{2 \cdot g} \cdot H^{3/2} \quad (23)$$

Gdje su:

Q - protok (m<sup>3</sup>/s)

B - širina preljeva = 2.5 (m)

H - preljevna visina (m)

m - koeficijent prelijevanja koji se za slučaj oštrobriđnog preljeva sa bočnim suženjem određuje prema Bazain-Heglyevoj empirijskoj formuli:

$$m = \left( 0.45 + \frac{0.003}{H} - 0.003 \cdot \frac{B_0 - B}{B_0} \right) \cdot \left( 1 + 0.55 \cdot \left( \frac{B}{B_0} \right)^2 \cdot \left( \frac{H}{H+p} \right)^2 \right) \quad (24)$$

gdje je:

B<sub>0</sub> - širina uzvodno od preljeva = 3.0 (m),

p - visina praga = 0.90 (m).

Sukladno opisanom postupku provedeni su potrebni proračuni i određene su krivulje protoka za projektirano stanje sa spuštrenom zapornicom i kotom krune na 1.05 (m n.m.), za 15 odabranih razina mora.

### 3.2.2. Zapornica dignuta

U slučaju visokih vodostaja u jezeru projektirana zapornica se podiže te propušta višak vode iz jezera do mora. Potrebno je provjeriti da li s povećanjem razine mora dolazi do prelijevanja mora preko praga s kotom vrha na 0.15 (m n.m.) na stacionaži 0+167.76. S obzirom da to nije slučaj za promatrane razine mora i moguće razine vode u jezeru (više od 1.05 (m n.m.)), kao rubni uvjet uzima se kritična dubina za pretpostavljeni protok na stacionaži 0+167.76, a proračun se provodi uzvodno od praga do jezera. Kao rezultat dobiveni su vodostaj u jezeru i protok ( $Q_{\text{preljeva}}$  uvećan za gubitke na poniranje duž kanala od stac. 0+868.65 do stac. 0+931.97), koji predstavljaju jednu točku na krivulji protoka, za odabranu razinu mora.

#### 3.2.2.1. Poniranje

Računa se na isti način kao i za slučaj spuštene zapornice.

Za projektirano stanje gubici vode duž obloženog dijela kanala ne postoje. Oblaganje kanala završava na stac. 0+868.65, tako da dio vode iz kanala ipak ponire na dionici od stac. 0+868.65 do stac. 0+931.97. Poniranje vode iz kanala na ovom dijelu računato je prema sljedećem izrazu:

$$Q_{\text{pon.}} = 0.49976 \sqrt{h_j - h_m} \cdot \frac{63.32}{770.16} \quad (25)$$

#### 3.2.2.2. Riblja staza

Obzirom da je zapornica podignuta, lokalno tečenje kroz riblju stazu nije razmatrano, nego je računato vodno lice u kanalu.

Rubni uvjet za odabrani protok je kritična dubina na stac. 0+167.76.

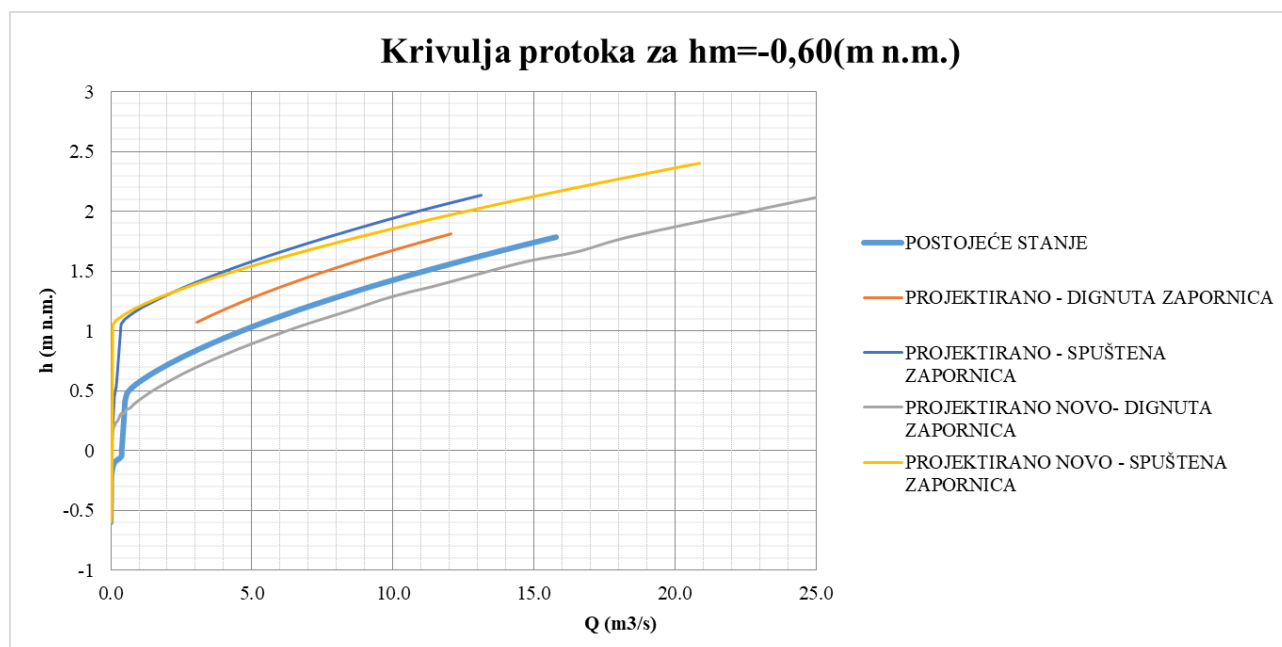
Zbog visokih razina vode u jezeru i geometrije korita (suženje na stac. 0+167.76) more ne stvara uspor niti u jednom slučaju.

### 3.2.2.3. Apsolutna pogonska hidraulička hrapavost

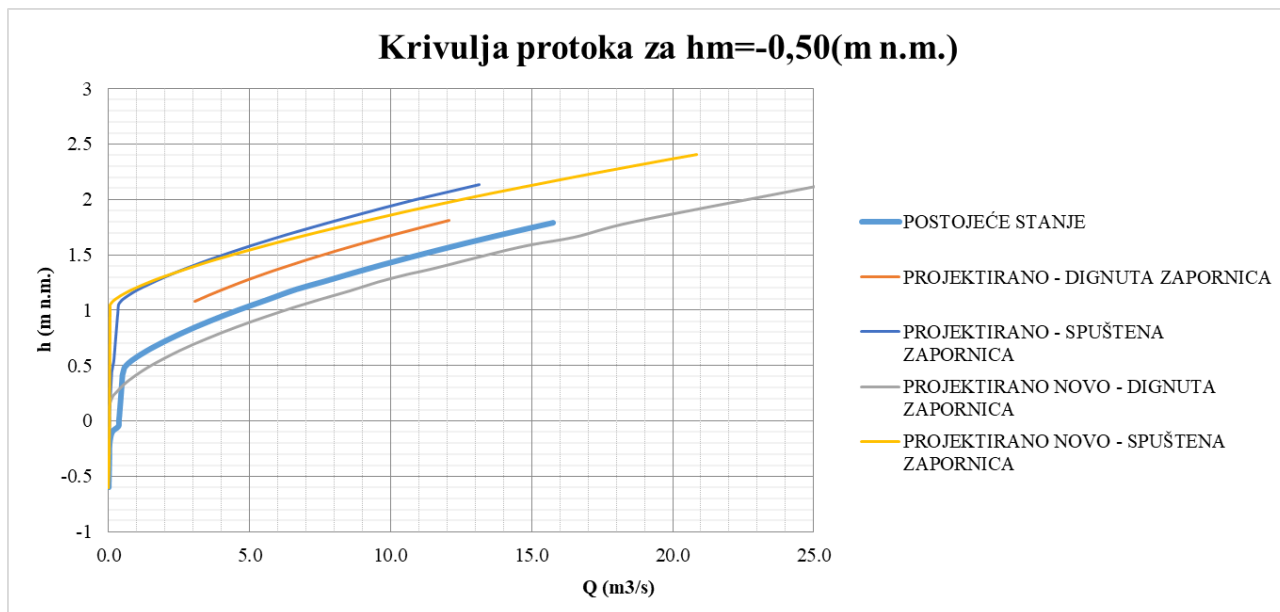
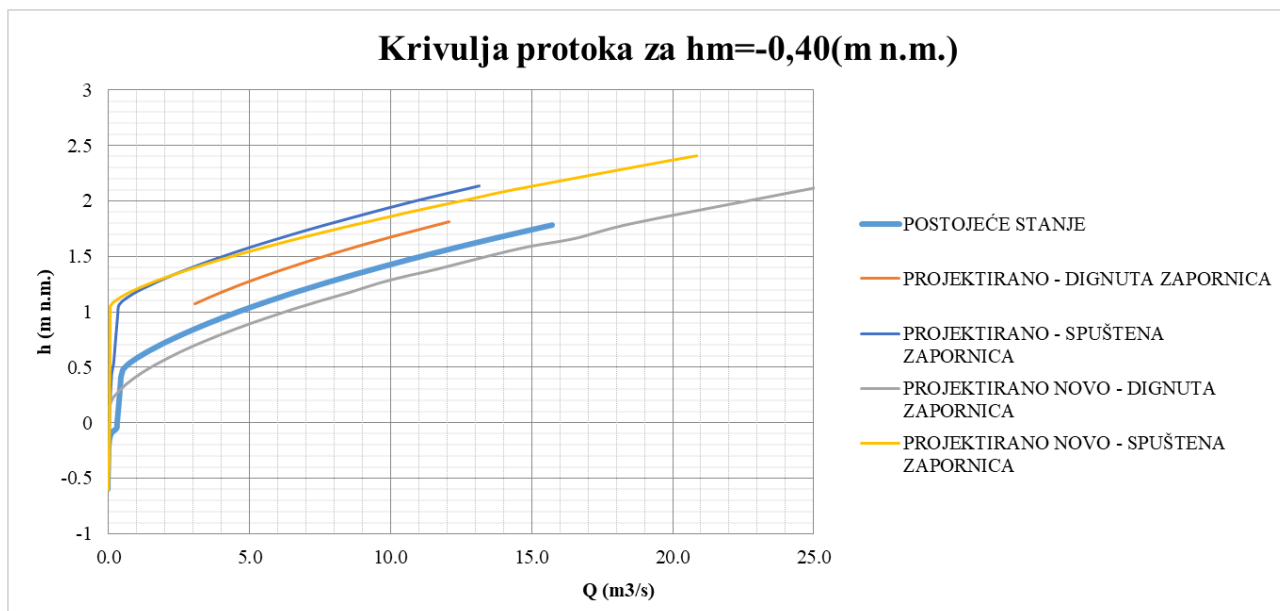
Usvojena je apsolutna pogonska hidraulička hrapavost projektiranog stanja kanala u iznosu od 15 (mm).

### 3.3. Krivulje protoka za analizirana stanja

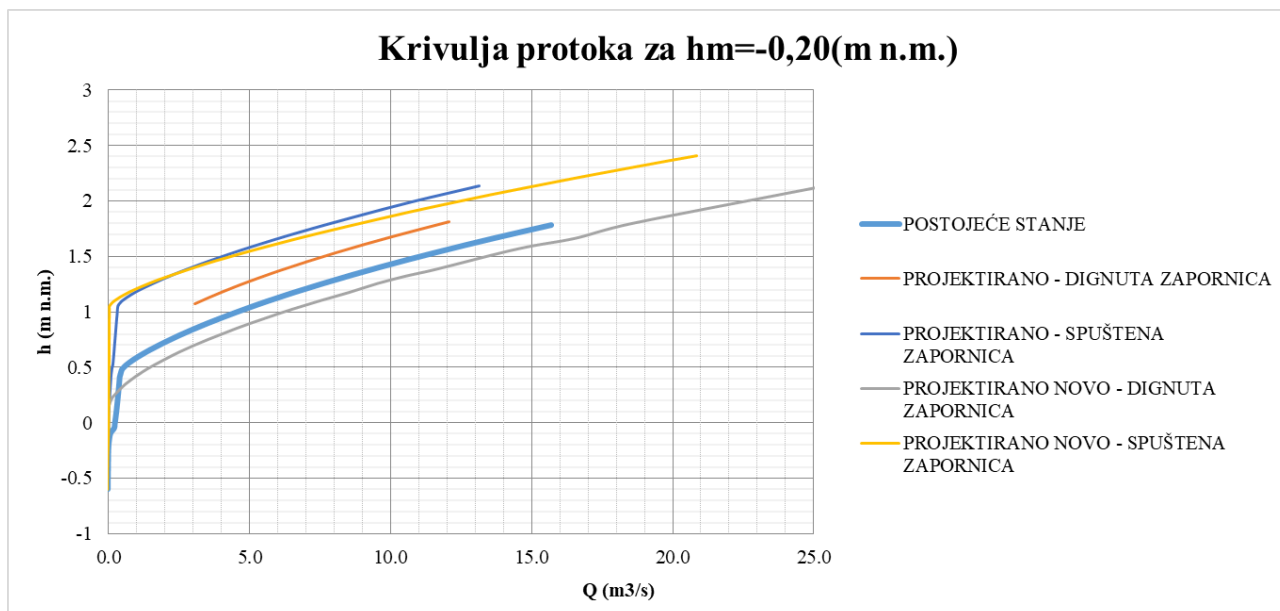
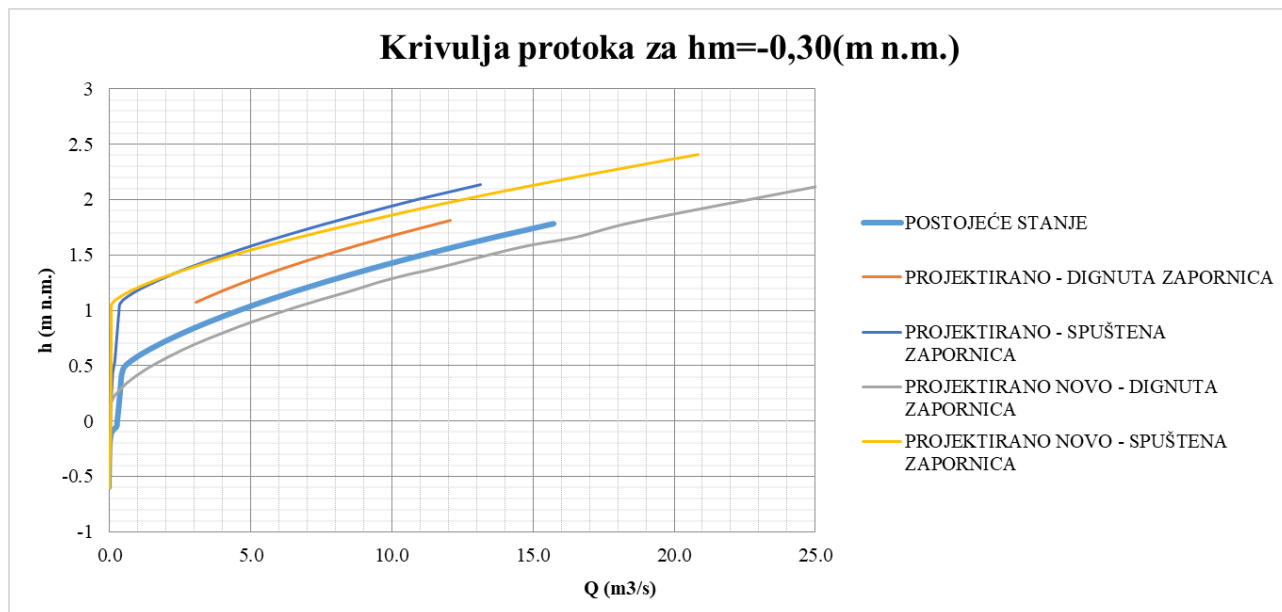
Sukladno opisanom postupku provedeni su potrebni proračuni i određene su krivulje protoka za postojeće stanje i za dvije varijante projektiranog stanja sa dignutom i spuštenu zapornicom, te za 15 odabranih razina mora. Ove krivulje protoka prikazane su na grafovima od 1. do 15.

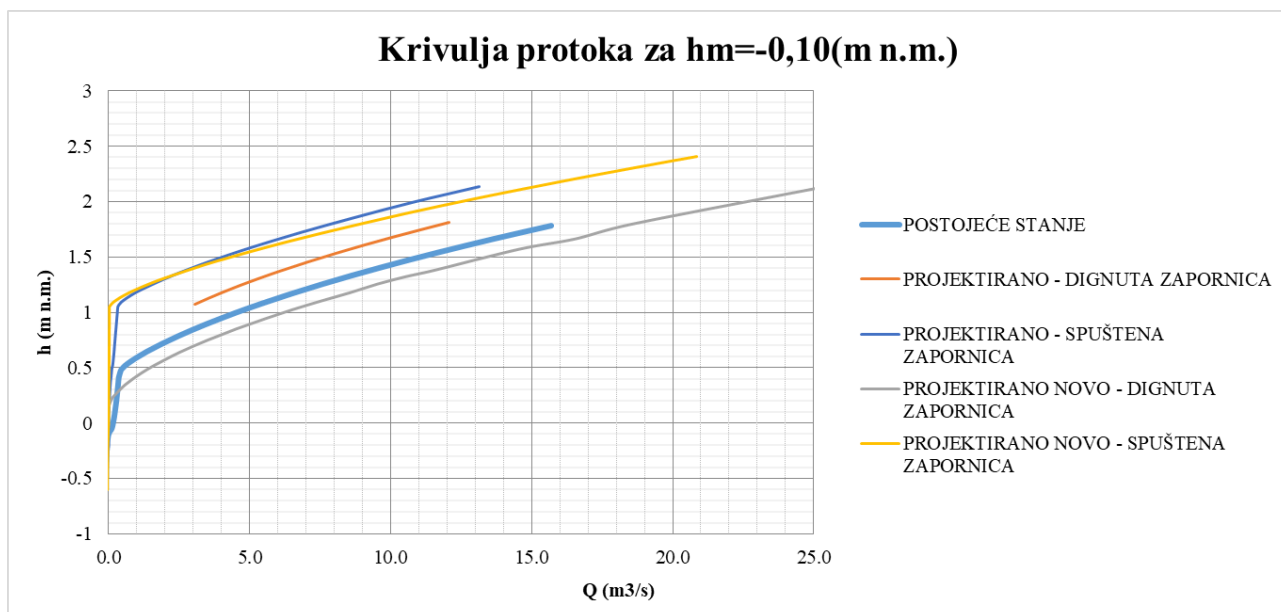
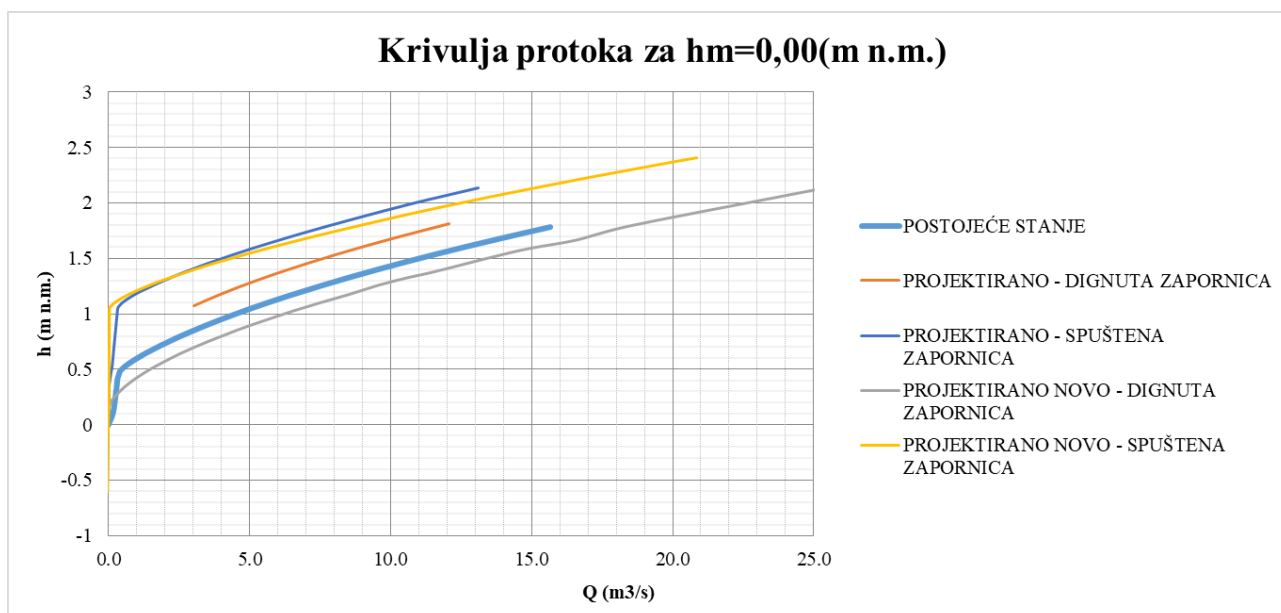


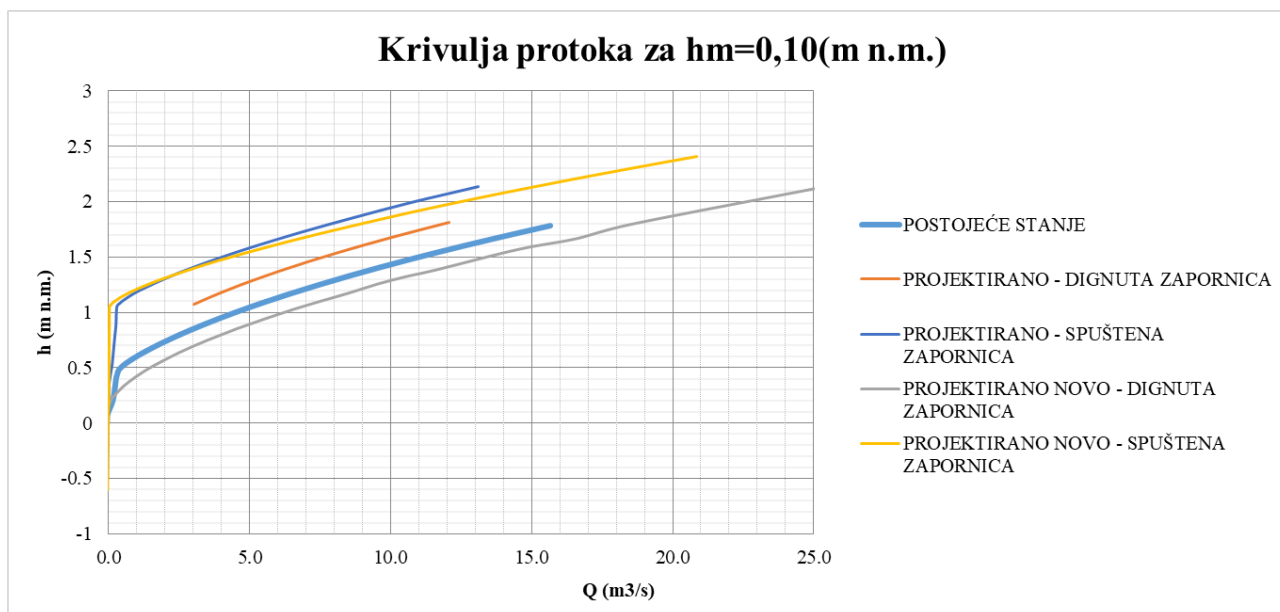
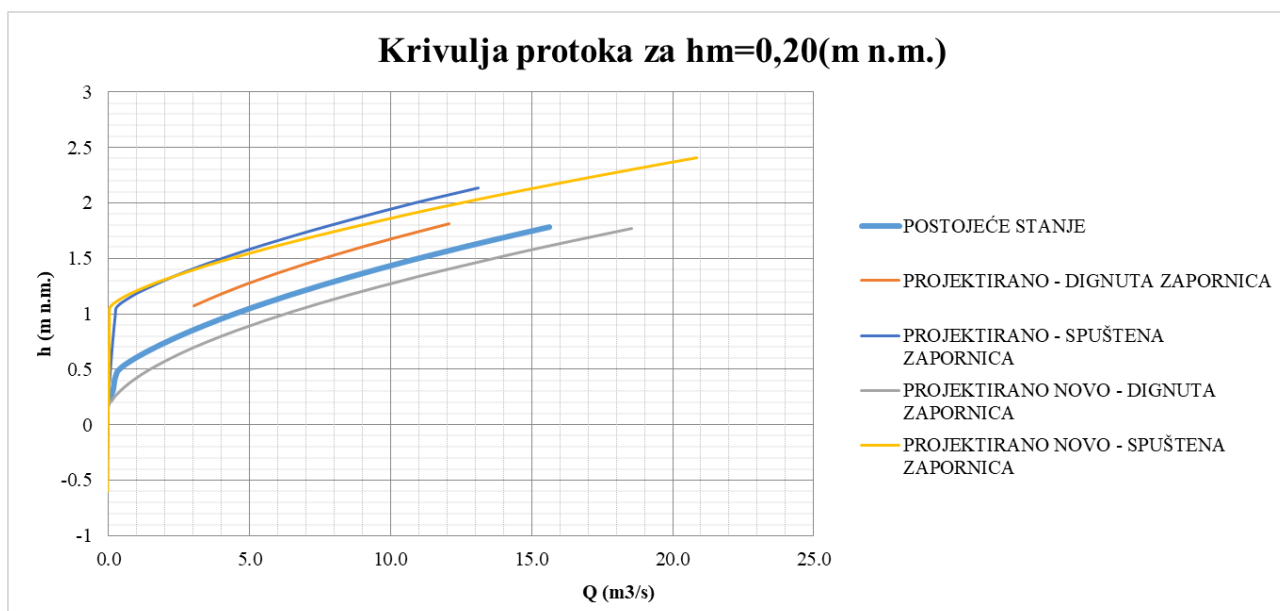
Graf 1. Krivulja protoka za razinu mora  $hm=-0,60 (m\ n.m.)$

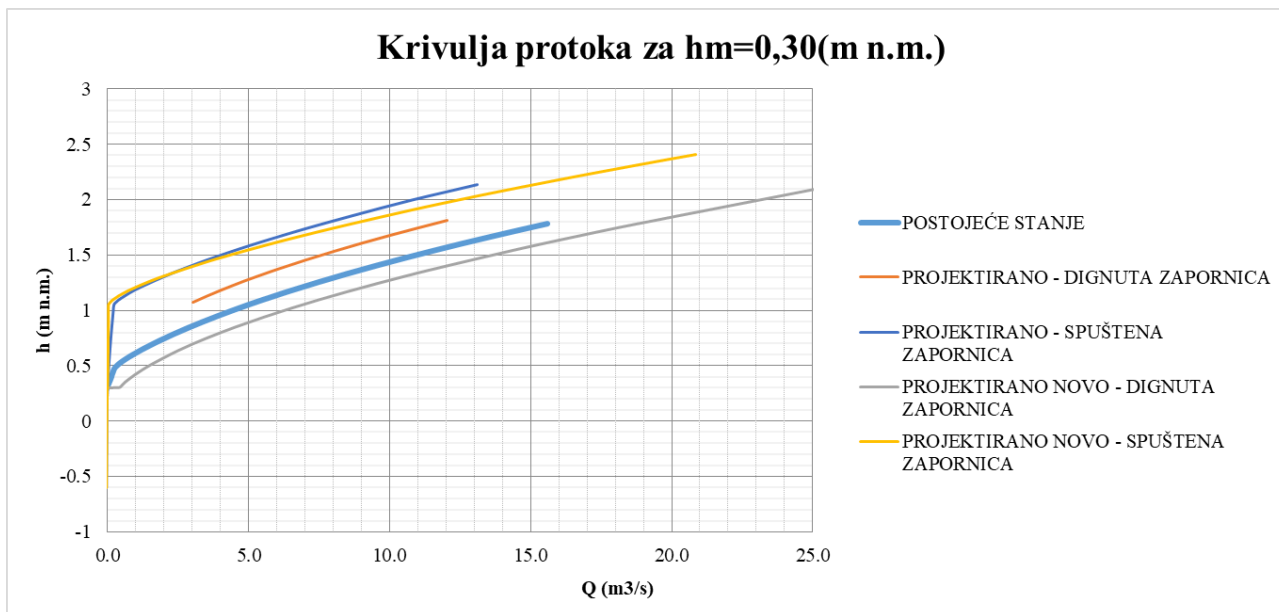
Graf 2. Krivulja protoka za razinu mora  $h_m = -0,50$  (m n.m.)Graf 3. Krivulja protoka za razinu mora  $h_m = -0,40$  (m n.m.)



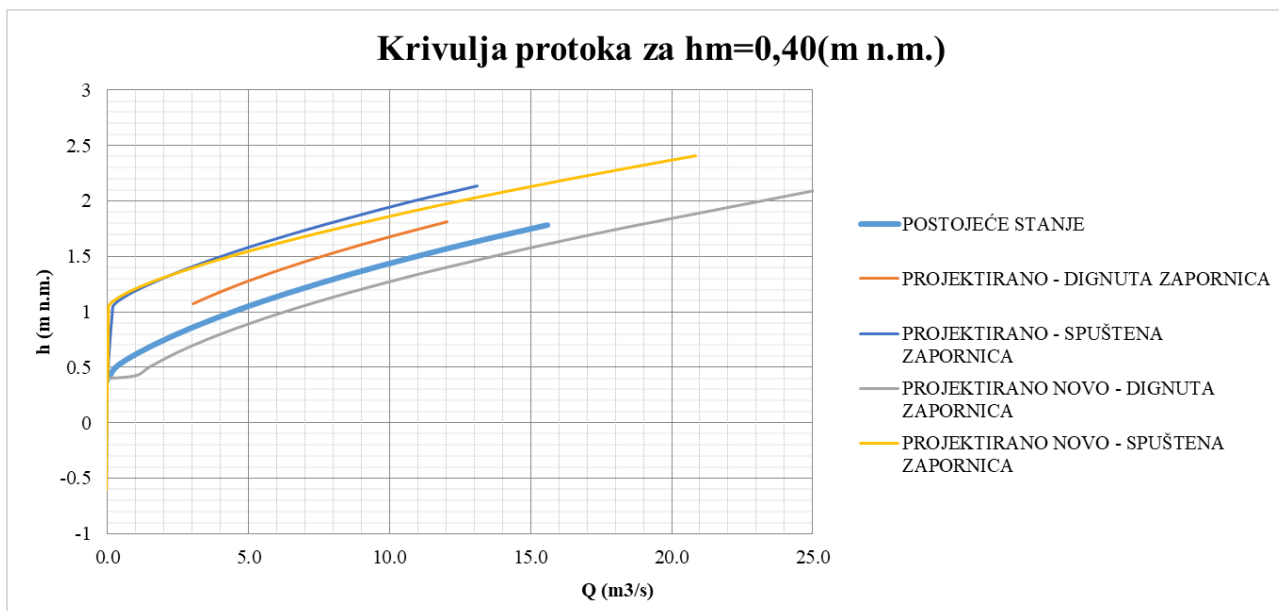


Graf 6. Krivulja protoka za razinu mora  $h_m = -0,10$  (m n.m.)Graf 7. Krivulja protoka za razinu mora  $h_m = 0,00$  (m n.m.)

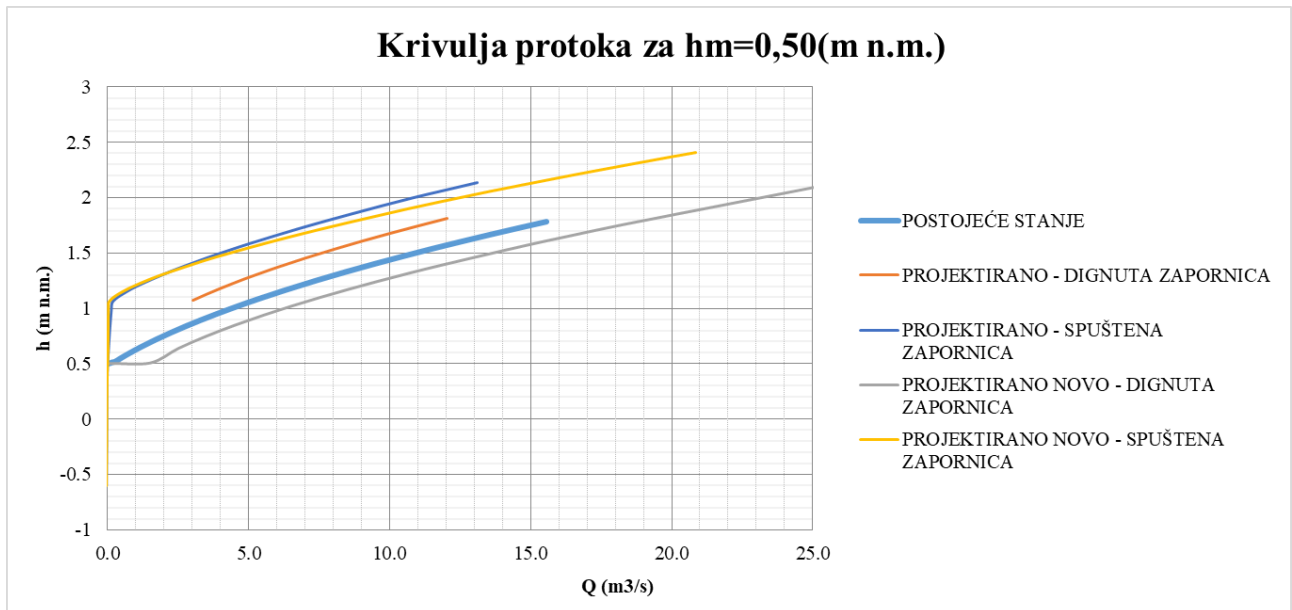
Graf 8. Krivulja protoka za razinu mora  $h_m=0,10$  (m n.m.)Graf 9. Krivulja protoka za razinu mora  $h_m=0,20$  (m n.m.)



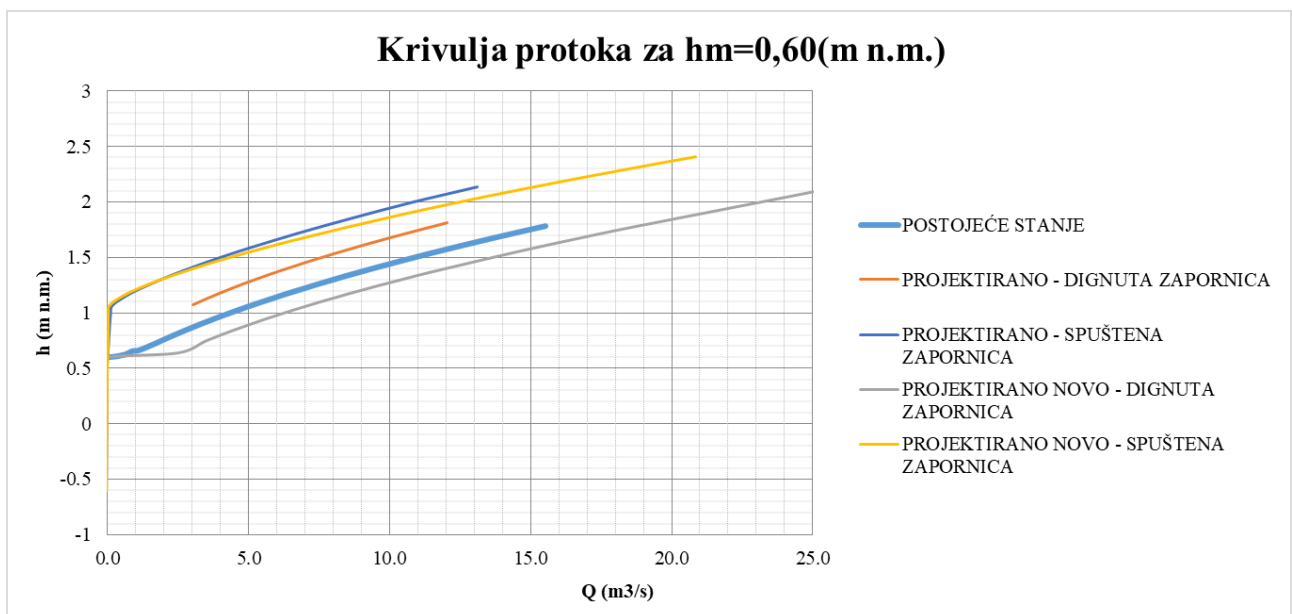
Graf 10. Krivulja protoka za razinu mora  $hm=0,30$  (m n.m.)



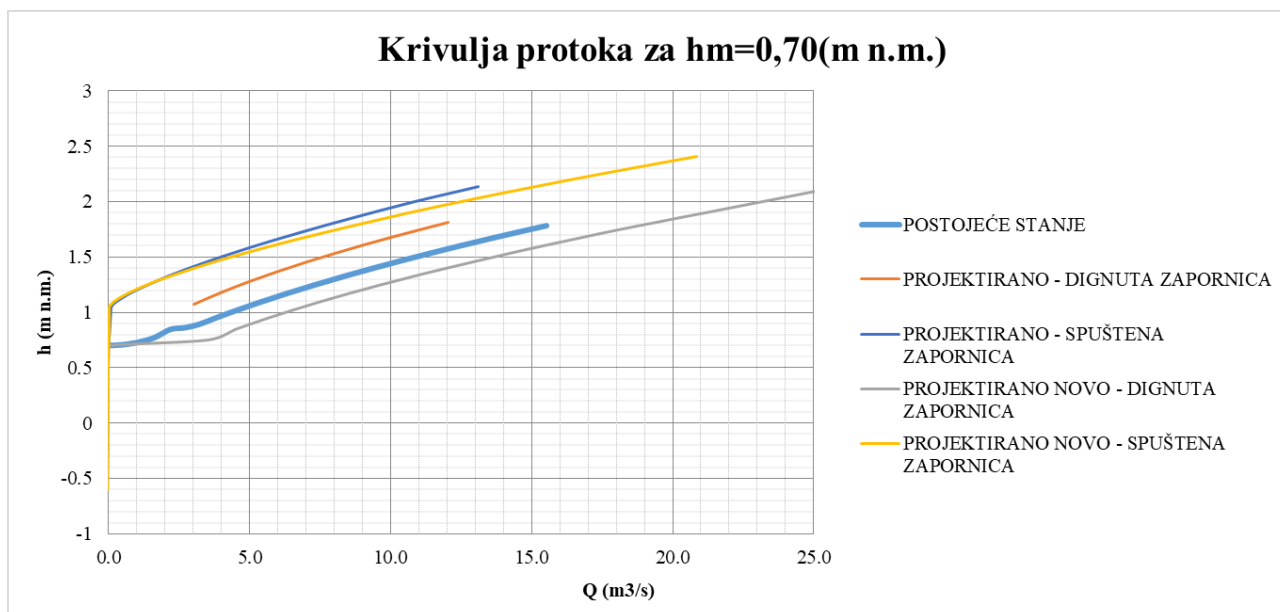
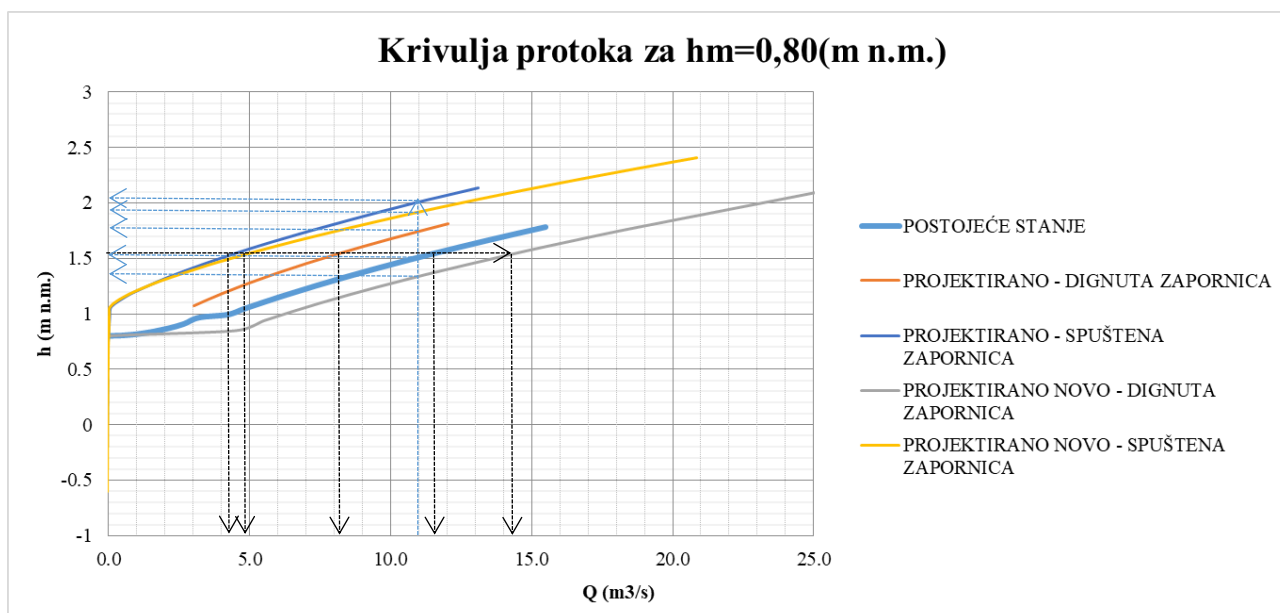
Graf 11. Krivulja protoka za razinu mora  $hm=0,40$  (m n.m.)



Graf 12. Krivulja protoka za razinu mora  $h_m=0,50$  (m n.m.)



Graf 13. Krivulja protoka za razinu mora  $h_m=0,60$  (m n.m.)

Graf 14. Krivulja protoka za razinu mora  $h_m=0,70$  (m n.m.)Graf 15. Krivulja protoka za razinu mora  $h_m=0,80$  (m n.m.)

Iz priloženih grafova jasno je vidljivo da je za slučaj novog projektiranog stanja sa zapornicom i bez riblje staze znatno povećan kapacitet kanala.

Npr. za razinu mora  $h_m=0.80$  (m n.m.) i  $h_j=1.5$  (m n.m.) protok iznosi:

- Za postojeće stanje  $Q=11.20$  ( $m^3/s$ ),
- Za projektirano stanje sa ribljom stazom i dignutom zapornicom  $Q=8.10$  ( $m^3/s$ ),
- Za projektirano stanje sa ribljom stazom i spuštenu zapornicom  $Q=4.5$  ( $m^3/s$ ),
- Za projektirano novo stanje i dignutu zapornicu  $Q=14.20$  ( $m^3/s$ ),
- Za projektirano novo stanje sa spuštenu zapornicom  $Q=4.9$  ( $m^3/s$ )

Dakle, za slučaj projektiranog stanja sa ribljom stazom i dignutom zapornicom gdje je protok omogućen kroz cijeli kanal kao i u postojećem stanju razlika u protoku iznosi 3.1 (m<sup>3</sup>/s) manje nego za postojeće stanje. Jasno je vidljivo da je znatno smanjen kapacitet kanala s tako projektiranim dimenzijama kanala i ribljom stazom. Za slučaj projektiranog stanja (projektirano novo) bez riblje staze u usporedbi sa postojećim, protok je povećan za čak 3 (m<sup>3</sup>/s). Sa tako projektiranim kanalom omogućen je puno veći kapacitet kanala kojim voda iz jezera otječe u more i puno brže pražnjenje jezera za vrijeme kišnih razdoblja u kojima prijeti plavljenje okolnog područja jezera.

Također, veliki doprinos novog projektiranog stanja bez riblje staze se može vidjeti i kod usporedbe vodostaja u jezeru.

Npr. za protok  $Q= 11$  (m<sup>3</sup>/s) vodostaj u jezeru iznosi:

- Za postojeće stanje  $h_j= 1.49$  (m n.m.),
- Za projektirano stanje sa ribljom stazom i dignutom zapornicom  $h_j= 1.80$  (m n.m.),
- Za projektirano stanje sa ribljom stazom i spuštenu zapornicom  $h_j= 2.05$  (m n.m.),
- Za projektirano novo stanje i dignutu zapornicu  $h_j= 1.35$  (m n.m.),
- Za projektirano novo stanje sa spuštenu zapornicom  $h_j= 1.90$  (m n.m.).

Jasno je vidljivo da je, kod projektiranog stanja s ribljom stazom i dignutom zapornicom, vodostaj u jezeru za 0.31 (m) viši u odnosu na postojeće stanje. Cilj ugradnje zapornice i projektiranja novih dimenzija kanala je upravo obrnut. Taj cilj je postignut sa novim projektiranim stanjem gdje bi vodostaj u jezeru bio za 0.14 (m) niži u usporedbi s postojećim stanjem.

## 4. HIDRAULIČKI MODEL VRANSKOG JEZERA

Vransko jezero je izrazito složen hidrološki sustav kojem nedostaje cjelovito praćenje vodne bilance. Neke od komponenata vodne bilance prate se na mjernim postajama. Na pet hidroloških postaja na prostoru Vranskoga polja registrira se samo dio dotoka koji u jezero ulazi putem površinskih vodotoka i izvora. Nedostajajuće komponente podzemnog dotoka, otjecanja kroz bokove i dno, isparavanje sa jezera te istjecanja i dotoci kanalom Prosika potrebno je procijeniti na temelju meteoroloških podataka i regionalnih značajki zbog nemogućnosti mjerenja istih.

Razina u jezeru ovisi o nizu uvjeta:

- dotjecanju u jezero, koje se ostvaruje površinskim i podzemnim putem
- gubicima vode uslijed isparavanja s površine jezera
- površinskom otjecanju iz jezera, koje se odvija kanalom Prosika
- promjenama u geometriji kanala Prosike (uslijed različite obraslosti i intervencija u koritu kanala radi usporavanja otjecanja –izgradnja praga, uklanjanja prepreka u kanalu te produbljivanja kanala)
- podzemnom otjecanju iz jezera prema moru, ali i podzemnom dotoku mora u jezero ovisno o odnosu razina mora i jezera

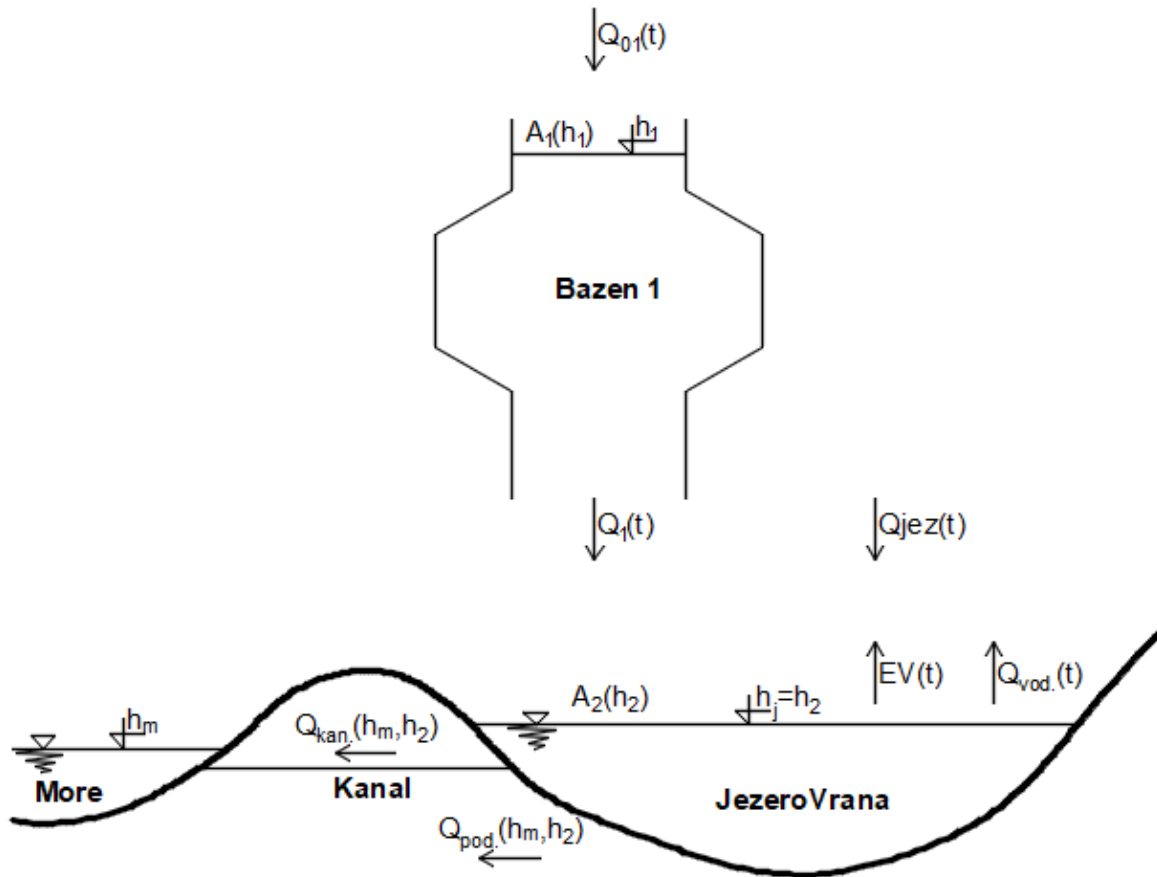
#### **4.1. Opis modela**

Svrha izrade modela je dobiti uvid u varijacije razina u jezeru za različite razine mora uzimajući u obzir sve komponente vodne bilance. U vodnoj bilanci razmatraju se dotoci kao i gubici vode iz jezera. Dotoci predstavljaju količinu vode koja padne na sliv, količinu vode koja padne direktno na površinu jezera, te dotok iz mora u slučaju više razine mora od jezera. Gubici se odvijaju kroz podzemlje, isparavanjem, korištenjem za potrebe navodnjavanja i vodoopskrbe te kanalom u slučaju više razine mora od jezera. Raspolaže se s dnevnim podacima o količini padalina, izračunatoj evaporaciji, protocima za vodoopskrbu i navodnjavanje, te mjerenim razinama jezera i mora. Sve ostale podatke uključivo i koeficijent otjecanja, potrebno je kalibrirati da bi model što bolje opisivao stvarno stanje u jezeru. Na temelju mjerenih podataka za 2010. i 2011. godinu kalibriran je model, te testiran na mjerene podatke za 2012. godinu, a potom su kalibrirani koeficijenti otjecanja za 2013. i 2014. godinu. Model je izrađen koristeći programski jezik Fortran.

#### **4.2. Komponente vodne bilance**

Vodnom bilancom se kvantitativno opisuje hidrološki ciklus i njegove komponente, a zasniva se na zakonu održanja mase, odnosno na jednadžbi kontinuiteta. S obzirom na sve prethodno navedeno razmatrane komponente vodne bilance prikazane su na slici 9.





Slika 9. Hidraulički model Vranskog jezera

Dotok u jezeru od oborina računa se kao dotok sa sliva  $Q_I(t)$  i kao dotok od oborina koje padnu direktno na površinu jezera  $Q_{jez}(t)$ . Dotok sa sliva  $Q_I(t)$  je količina vode koja izlazi iz fiktivnog bazena (na slici 9. Bazen 1) (koji u stvarnosti predstavlja pukotinski sustav na slivnom području), a rezultat je dotoka od oborine pale na sliv  $Q_0(t)$ . Fiktivni bazen ekvivalent je podzemnom bazenu ispod sliva čija površina u funkciji vodostaja nije poznata, ali se može približno odrediti kalibracijom. Za potrebe modela uzeta je veličina od 1‰ do 1‰ slivne površine.

$Q_0(t)$  računat je na temelju podataka o količini oborina, veličini sliva te veličini koeficijenta otjecanja sa sliva (kalibrirana veličina) u zavisnosti o vodostaju u podzemnom bazenu 1.

$$Q_{01} = A_{sliva} \cdot CD \cdot P(t) \cdot \frac{1}{1000 \cdot 86400} \quad (26)$$

gdje su:

$$A_{sliva} = 485000000 \text{ m}^2$$

CD – koeficijent otjecanja sa sliva

$P(t)$  – dnevne padaline u mm.

Dotok u jezero od oborina računa se kao dotok iz sustava pukotina (bazen 1)  $Q_1(h_1, h_j)$  i kao dotok od oborina koje padnu direktno na površinu jezera  $Q_{\text{jez.}}(t)$ .

$$Q_1 = CB \cdot \sqrt{h_1 - h_j} \quad (27)$$

gdje su:

$CB$  – koeficijent provodljivosti iz bazena 1

$h_1$  – razina vode u podzemnom sustavu pukotina (bazen 1)

$h_j$  – razina vode u jezeru.

Dotok vode od oborina palih na samo jezero iznosi:

$$Q_{\text{jez.}} = A_j \cdot P(t) \cdot \frac{1}{1000 \cdot 86400} (m^3/s) \quad (28)$$

gdje su:

$A_j$  – površina jezera (ovisna o razini vode u jezeru)

$P(t)$  - dnevne padaline u mm.

Osim dotoka, u obzir je potrebno uzeti i gubitke vode iz jezera kroz dno jezera, prema moru.

$$Q_{\text{pod}} = XK \cdot \sqrt{|h_j - h_m|} \quad (29)$$

gdje su:

$XK$  – koeficijent provodljivosti između jezera i mora

$h_j$  – razina u jezeru

$h_m$  – razina mora.

$Q_{\text{pod}}$  prikazuje gubitak vode kroz podzemlje. Ovisno o odnosu razine jezera i mora vrijednost protoka može biti i negativnog predznaka. Koeficijent provodljivosti dobiven je linearnom interpolacijom na temelju ulaznih kalibriranih podataka, jer stvarna vrijednost koeficijenta provodljivosti nije poznata. Ulazni kalibrirani podaci prikazani su tablicom 3.

Tablica 1. Ulazni kalibrirani podaci

$h_j - h_m$ (m)	XK
0,00	1,00
0,60	2,50
1,00	2,80
2,00	3,00
3,00	3,50

Koeficijent provodljivosti između bazena 1 (podzemni sustav pukotina) i jezera nije poznata veličina nego ju je potrebno kalibrirati. Kalibracijom utvrđene vrijednosti koeficijenta provodljivosti prikazane su u tablici 2 gdje prvi stupac prikazuje razinu vode u podzemnom bazenu 1, a drugi stupac daje vrijednosti koeficijenta provodljivosti.

Tablica 2. Kalibrirane vrijednosti koeficijenta provodljivosti iz bazena 1 prema jezeru

$h_1$ (m n.m.)	CB
100,00	9
10,00	9
5,00	6
1,00	3
0,00	3
-1,00	2

Površina jezera nema fiksnu vrijednost, te njena veličina varira ovisno o vodostaju u jezeru. Pri proračunu se, za svaku izračunatu razinu u jezeru, linearnom interpolacijom određuje stvarna površina jezera iz poznatih podataka, navedenih u tablici 3.

Tablica 3. Površine jezera

$h_j$ (m.n.m.)	$A_j$ (m <sup>2</sup> )
-0,501	29340000
0,469	31120000
1,899	37240000

Protoci kroz kanal određuju se iz krivulja protoka za postojeće stanje i definirani su veličinom  $Q_{kan}(h_j, h_m)$ . Ovisno o odnosu razina jezera i mora,  $Q_{kan}$  predstavlja dotok mora u jezero ili gubitak vode iz jezera prema moru. S obzirom da su krivulje dobivene za razine mora od -0.6 (m n.m.) do +0.8 (m n.m.), za razine mora za koje nisu određene krivulje protoka, potrebno je veličinu protoka  $Q_{kan}$  dobiti linearnom interpolacijom.

Iz raspoloživih podataka za razdoblje od 2010. do 2014. godine izračunate su i dnevne količine isparavanja na temelju kojih su dobivene vrijednosti evaporacije.

$$EV = A_j \cdot E(t) \quad (30)$$

gdje su:

$A_j$  – površina jezera

$E(t)$  – dnevno isparavanje ( $\text{mm/dan/m}^2$ ).

Kao i kod izraza (28) površina jezera  $A_j$  dobivena je linearnom interpolacijom iz poznatih podataka (Tablica 3.).

Gubici nastali vodoopskrbom i navodnjavanjem su poznate veličine za promatrano razdoblje.

### 4.3. Postavljanje potrebnih jednadžbi i njihovo rješavanje

Ponašanje sustava definirano je sljedećim jednadžbama:

a) Jednadžba kontinuiteta za podzemni bazen 1

$$A_1 \cdot \frac{dh_1}{dt} = Q_0 - Q_1 \quad (31)$$

b) Jednadžba kojom se definira dotok iz bazena 1 u jezero

$$Q_1 = CB \cdot \sqrt{h_1 - h_j} \quad (32)$$

c) Jednadžba kontinuiteta za jezero

$$A_j \cdot \frac{dh_j}{dt} = Q_1 + Q_{\text{jez.}} - EV - Q_{\text{vod.}} - Q_{\text{kan.}} - Q_{\text{pod.}} \quad (33)$$

Sustav jednadžbi se integrira u nekom konačnom vremenskom intervalu  $[t^k, t^{k+1}]$  gdje je za  $t = t^k$  poznato stanje u sustavu na početku intervala, a  $t = t^{k+1}$  je kraj intervala za kojeg se proračunava novo stanje sustava. Oznake  $k$  i  $k+1$  označavaju početak i kraj vremenskog koraka, odnosno vremenskog intervala.

$$\int_{t^k}^{t^{k+1}} dh_1 = \int_{t^k}^{t^{k+1}} \frac{Q_0 - Q_1}{A_1} dt \quad (34)$$

$$\int_{t^k}^{t^{k+1}} dh_j = \int_{t^k}^{t^{k+1}} \frac{Q_1 + Q_{\text{jez.}} - EV - Q_{\text{vod.}} - Q_{\text{kan.}} - Q_{\text{pod.}}}{A_j} dt \quad (35)$$

Oblik jednadžbi nakon integracije je:

$$h_1^{k+1} = h_1^k + \int_{t^k}^{t^{k+1}} \frac{Q_0 - Q_1}{A_1} dt \quad (36)$$

$$h_j^{k+1} = h_j^k + \int_{t^k}^{t^{k+1}} \frac{Q_1 + Q_{jez.} - EV - Q_{vod.} - Q_{kan.} - Q_{pod.}}{A_j} dt \quad (37)$$

Integral desne strane u direktnom obliku nije moguć pa će se primijeniti numerička integracija. Za kraće vremenske inkremente  $\Delta t = t^{k+1} - t^k$ , vrijednosti integrala na desnoj strani navedenih izraza moguće je numerički odrediti na tri osnovna načina: eksplicitno, implicitno i eksplicitno-implicitno, tj. mješovito. Kod ovog sustava bit će primijenjen mješoviti postupak numeričke integracije, a parametar  $\Theta$  je odabran u iznosu od 0.50.

#### 4.3.1. Eksplicitno – implicitna metoda

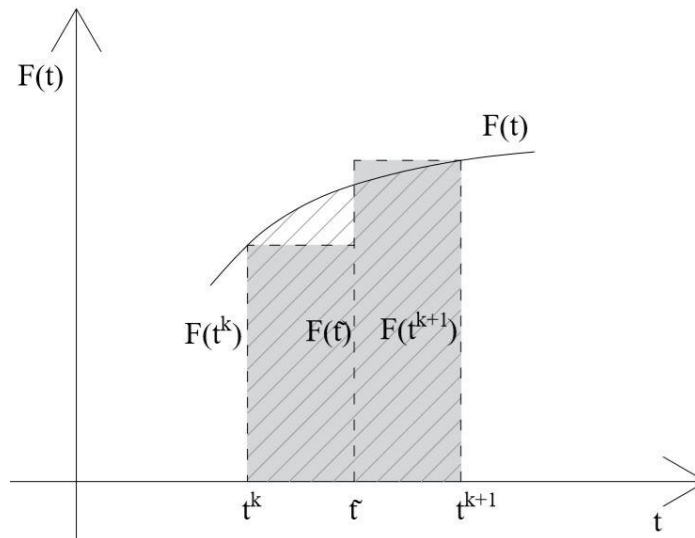
Eksplicitna metoda, u odnosu na točno rješenje, daje veće vrijednosti, dok se implicitnom metodom dobivaju manje. Zbog toga se kombinacijom tih dviju metoda dobiva najbolje rješenje. Korištenje metode objasniti će se na sljedećem primjeru:

$$\frac{dy}{dt} = F(t) \quad (38)$$

Nakon separacije varijabli i integracije u vremenskom intervalu  $[t^k, t^{k+1}]$  dobije se jednažba:

$$y^{k+1} = y^k + \int_k^{k+1} F(t) dt \quad (39)$$

Integral funkcije  $F(t)$  predstavlja površinu ispod krivulje u intervalu  $[t^k, t^{k+1}]$  koja se može aproksimirati pravokutnim površinama. (Slika 10.)



Slika 10. Grafički prikaz podintegralne funkcije

Srednji vremenski interval  $\tilde{t}$  uzima vrijednost  $t^k < \tilde{t} < t^{k+1}$ .

Na slici 10. prikazana je grafička interpretacija teorema srednje vrijednosti prema kojemu vrijedi:

$$\frac{y^{k+1} - y^k}{t^{k+1} - t^k} = F(\tilde{t}) \quad (40)$$

Iz izraza (40) funkcijska vrijednost  $F(\tilde{t})$  je nepoznata, ali se može aproksimirati s površinama dvaju pravokutnika, pa je konačna aproksimacija integrala:

$$y^{k+1} - y^k = (1 - \theta) \cdot F(t^k) \cdot (t^{k+1} - t^k) + \theta \cdot F(t^{k+1}) \cdot (t^{k+1} - t^k) \quad (41)$$

Vrijednost člana jednadžbe  $F(t^k) \cdot (t^{k+1} - t^k)$  je eksplicitni dio aproksimacije, jer se aproksimira na temelju poznatog stanja na početku vremenskog intervala, a vrijednost  $F(t^{k+1}) \cdot (t^{k+1} - t^k)$  je implicitni dio, jer se aproksimira na temelju nepoznatog stanja na kraju vremenskog intervala.

Parametar integracije  $\theta$  zapravo ima funkciju raspodjele eksplicitne i implicitne vrijednosti.  $\theta$  uzima vrijednost  $0 \leq \theta \leq 1$ , i eksperimentalno se pokazalo da se najbolji rezultati dobiju s vrijednosti  $\theta=0,55$ . U ovom modelu usvojena vrijednost parametra integracije iznosi 0.5.

Nakon primjene eksplicitno – implicitne metode na sustav jednadžbi dobije se konačan oblik jednadžbi.

a) Jednadžba kontinuiteta za bazen

$$h_1^{k+1} = h_1^k + (1 - \theta) \cdot \Delta t \cdot \frac{Q_0^k - Q_1^k}{A_1^k} + \theta \cdot \Delta t \cdot \frac{Q_0^{k+1} - Q_1^{k+1}}{A_1^{k+1}} \quad (42)$$

b) Jednadžba kontinuiteta za jezero

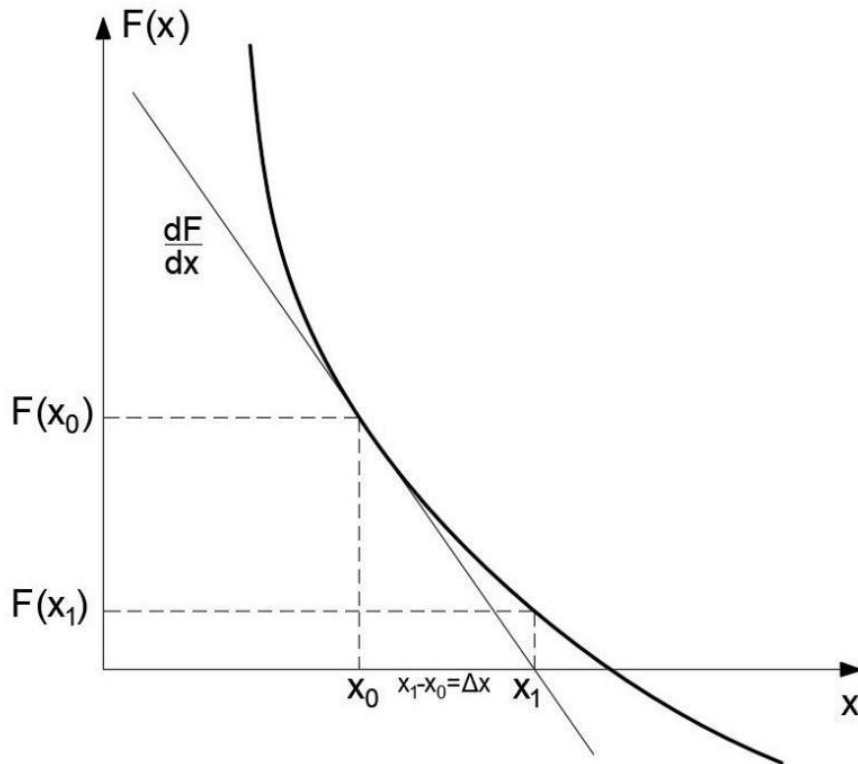
$$h_j^{k+1} = h_j^k + (1 - \theta) \cdot \Delta t \cdot \frac{Q_1^k - Q_{jez.}^k - EV^k - Q_{vod.}^k - Q_{kan.}^k - Q_{pod.}^k}{A_j^k} + \theta \cdot \Delta t \cdot \frac{Q_1^{k+1} - Q_{jez.}^{k+1} - EV^{k+1} - Q_{vod.}^{k+1} - Q_{kan.}^{k+1} - Q_{pod.}^{k+1}}{A_j^{k+1}} \quad (43)$$

Osim jednadžbi kontinuiteta za bazen i jezero, u obzir se uzima i jednadžba kojom se definira dotok vode iz bazena 1 u jezero. Jednadžbe čine nelinearni sustav od tri jednadžbe s tri nepoznanice:  $h_1^{k+1}$ ,  $Q_1^{k+1}$  i  $h_j^{k+1}$ . Sustav je rješiv primjenom Newtonove metode.

#### 4.4. Newton-Raphsonova metoda rješavanja sustava nelinearnih jednadžbi

Newton-ova metoda se često koristi za numeričko rješavanje nelinearnih jednadžbi, a temelji se na korištenju linearne aproksimacije za rješavanje jednadžbi. U nastavku se prikazuje Newton-Raphsonova metoda na primjeru rješavanja jedne nelinearne jednadžbe s jednom nepoznanicom.

**Neka je  $F(x)$  neka opća funkcija i neka je  $r$  rješenje za  $F(x) = 0$ .** Prvi korak u nalaženju rješenja  $r$  je pretpostavka rješenja  $x_0$ . Iz prve pretpostavke odredit će se druga pretpostavka  $x_1$  koja je bliža rješenju  $r$ , i tako iterativno dok razlika pretpostavljene i izračunate veličine ne postane približno jednaka:  $x_n - r \approx 0$ .

Slika 11. Graf funkcije  $F(x)$ 

Za pretpostavljenu vrijednost  $x_0$  provuče se tangenta na graf  $F(x)$ . Na mjestu gdje tangenta siječe os  $x$  dobivena je veličina  $x_1$  koja je pretpostavka za sljedeću iteraciju. Postupak se nastavlja dok se ne nađe točka u kojoj graf funkcije  $F(x)$  siječe os  $x$ , te samim time je određeno i rješenje funkcije  $F(x) = 0$ . Nagib tangente je zapravo derivacija funkcije u točki za koju je tangenta provučena.

$$\frac{dF}{dx} = \frac{F(x_0)}{x_1 - x_0} \quad (44)$$

$$x_1 = x_0 - \frac{F(x_0)}{\frac{dF(x)}{dx}} \quad (45)$$

Općenito vrijedi:

$$x_{n+1} = x_n - \frac{F(x_n)}{\frac{dF(x)}{dx}} \quad (46)$$



$$\frac{dF}{dx} \cdot \Delta x = -F(x) \quad (47)$$

Gdje je  $\Delta x = x_{n+1} - x_n$

Postupak se ponavlja iterativno dok ne dobije  $\Delta x \approx 0$ .

#### 4.5. Slaganje sustava jednadžbi prema Newton-Raphsonovoj metodi

Prethodno navedeni sustav od tri nelinearne jednadžbe s tri nepoznanice potrebno je preformulirati da bi se mogla primijeniti Newtonova metoda.

Prvi korak je prebacivanje svih članova na jednu stranu i izjednačavanje s nulom, te nalaženje derivacija funkcije po sve tri nepoznate varijable ( $h_1^{k+1}$ ,  $Q_1^{k+1}$  i  $h_j^{k+1}$ ).

$$F_1 = h_1^{k+1} - h_1^k + (1 - \theta) \cdot \Delta t \cdot \frac{Q_0^k - Q_1^k}{A_1^k} + \theta \cdot \Delta t \cdot \frac{Q_0^{k+1} - Q_1^{k+1}}{A_1^{k+1}} \quad (48)$$

$$F_2 = Q_1^{k+1} - CB(h_1^{k+1}) \cdot \sqrt{h_1^{k+1} - h_j^{k+1}} \quad (49)$$

$$F_3 = h_j^{k+1} - h_j^k + (1 - \theta) \cdot \Delta t \cdot \frac{Q_1^k - Q_{jez.}^k - EV^k - Q_{vod.}^k - Q_{kan.}^k - Q_{pod.}^k}{A_j^k} + \theta \cdot \Delta t \cdot \frac{Q_1^{k+1} - Q_{jez.}^{k+1} - EV^{k+1} - Q_{vod.}^{k+1} - Q_{kan.}^{k+1} - Q_{pod.}^{k+1}}{A_j^{k+1}} \quad (50)$$

Derivacija funkcije  $F_1$  po nepoznatim varijablama:

$$\frac{\partial F_1}{\partial h_1^{k+1}} = 1.0, \quad \frac{\partial F_1}{\partial Q_1^{k+1}} = \frac{\theta \cdot \Delta t}{A_1^{k+1}}, \quad \frac{\partial F_1}{\partial h_j^{k+1}} = 0.0 \quad (51)$$

Za derivacije funkcije  $F_2$  po nepoznatim varijablama  $h_1^{k+1}$  i  $h_j^{k+1}$  razlikuju se dva slučaja:

a)  $h_1^{k+1} > h_j^{k+1}$

$$\frac{\partial F_2}{\partial h_1^{k+1}} = -CB(h_1^{k+1}) \cdot \frac{1}{2 \cdot \sqrt{h_1^{k+1} - h_j^{k+1}}} \cdot 1 \quad (52)$$

$$\frac{\partial F_2}{\partial h_j^{k+1}} = -CB(h_1^{k+1}) \cdot \frac{1}{2 \cdot \sqrt{h_1^{k+1} - h_j^{k+1}}} \cdot (-1) \quad (53)$$

$$\text{b) } h_1^{k+1} < h_j^{k+1}$$

$$\frac{\partial F_2}{\partial h_1^{k+1}} = -CB(h_1^{k+1}) \cdot \frac{1}{2 \cdot \sqrt{h_j^{k+1} - h_1^{k+1}}} \cdot (-1) \quad (54)$$

$$\frac{\partial F_2}{\partial h_j^{k+1}} = -CB(h_1^{k+1}) \cdot \frac{1}{2 \cdot \sqrt{h_j^{k+1} - h_1^{k+1}}} \cdot 1 \quad (55)$$

$$\frac{\partial F_2}{\partial Q_1^{k+1}} = 1.0 \quad (56)$$

Derivacija funkcije  $F_3$  po nepoznatim varijablama:

$$\frac{\partial F_3}{\partial h_1^{k+1}} = 0.0, \quad \frac{\partial F_3}{\partial Q_1^{k+1}} = -\frac{\theta \cdot \Delta t}{A_1^{k+1}}, \quad \frac{\partial F_3}{\partial h_j^{k+1}} = 1.0 \quad (57)$$

Formira se matični zapis Newtonove metode:

$$[J] \cdot [\Delta] = [-F] \quad (58)$$

$$\begin{bmatrix} \frac{\partial F_1}{\partial h_1^{k+1}} & \frac{\partial F_1}{\partial Q_1^{k+1}} & \frac{\partial F_1}{\partial h_j^{k+1}} \\ \frac{\partial F_2}{\partial h_1^{k+1}} & \frac{\partial F_2}{\partial Q_1^{k+1}} & \frac{\partial F_2}{\partial h_j^{k+1}} \\ \frac{\partial F_3}{\partial h_1^{k+1}} & \frac{\partial F_3}{\partial Q_1^{k+1}} & \frac{\partial F_3}{\partial h_j^{k+1}} \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} \Delta h_1^{k+1} \\ \Delta Q_1^{k+1} \\ \Delta h_j^{k+1} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} -F_1 \\ -F_2 \\ -F_3 \end{bmatrix} \quad (59)$$

Rješenje sustava je vektor prirasta  $[\Delta]$ :

$$[\Delta] = [J]^{-1} \cdot [-F] \quad (60)$$

Za poznati vektor prirasta dobiju se nove (popravljene) vrijednosti nepoznanica  $h_1^{k+1}, Q_1^{k+1}$  i  $h_j^{k+1}$ .

$$h_1^{k+1} = h_1^{k+1} + \Delta h_1^{k+1} \quad (61)$$

$$Q_1^{k+1} = Q_1^{k+1} + \Delta Q_1^{k+1} \quad (62)$$

$$h_j^{k+1} = h_j^{k+1} + \Delta h_j^{k+1} \quad (63)$$

Navedeni sustav jednažbi rješavan je pomoću programskog rješenja u Fortranu 95.

## 5. PROGRAMSKO RJEŠENJE

Cilj izrade programskog rješenja je određivanje kretanja vodostaja u jezeru za različite vremenske intervale uzimajući u obzir sve ključne parametre koje utječu na promjenu razine u jezeru. U nastavku je objašnjen algoritam rada programa.

### 5.1. Ulazni podaci

Ulazni podaci formirani su iz niza proračuna i mjerenja stvarnog stanja na terenu. Svi podaci iz ulazne datoteke ULAZ1 su podaci dobiveni mjerenjem za razdoblje 2010., 2011., 2012., 2013. i 2014. godinu, odnosno za 1826 dana.

Većina podataka u datoteci VRANA1 (za postojeće stanje), odnosno VRANAN1 (za dvije varijante projektiranog stanja) su kalibrirani podaci, oni koji najbolje odgovaraju modelu, odnosno opisuju stvarno stanje u jezeru. Kalibrirani podaci o površini bazena 1 dani su u tablici 4., dok su podaci o koeficijentu provodljivosti podzemlja (između jezera i mora) i koeficijentu provodljivosti iz bazena 1 dani u tablicama 1. i 2. u poglavlju 4.2.

Tablica 4. Kalibrirani podaci o površinama bazena 1

$h_1$ (m n.m.)	$A_1$ (m <sup>2</sup> )
-0,50	17000000,00
0,50	17000000,00
1,00	10000000,00
2,00	10000000,00
3,00	10000000,00
3,50	1200000,00
6,00	5000000,00
50,00	600000,00

Ulazni podaci za analizu 2010. - 2014. godine dani su u tablici 5.

Tablica 5. Ulazni podaci datoteke IUL2

H1	HJ1	THETA	DT	NDT	NPIS
3,00	0,82	0,50	1800,00	87648,00	12,00

Razina u jezeru na početku intervala (HJ1) jednaka je mjerenom vodostaju 01.01.2010. što predstavlja početak proračuna. Odabrani vremenski korak je 1800 sekundi, odnosno 30 minuta. Za razdoblje 2010. - 2014. godine raspolaže se sa 1826 podataka što odgovara broju dana u navedenom razdoblju. S obzirom da je vremenski korak dan u sekundama potrebno je broj podataka korigirati u sekunde. Tada je broj podataka jednak 157766400. Broj vremenskih koraka dan je izrazom (64).

$$NDT = \frac{157766400}{1800} = 87648 \quad (64)$$

Za korak zapisivanja podataka uzeta je vrijednost 12 što znači da se zapisuje svaki dvanaesti podatak, odnosno zapisuju se izračunate veličine svakih šest sati, a proračun se izvodi s vremenskim intervalom od 30 minuta.

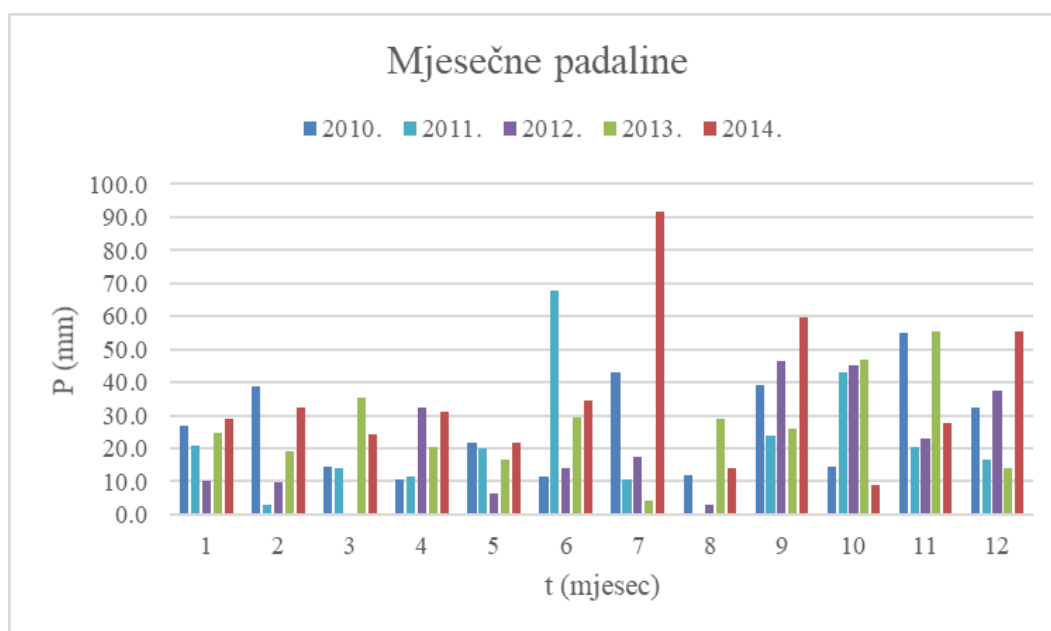
Ulazni podaci koji su također potrebni za proračun su kalibrirana provodljivost podzemnog istjecanja između jezera i mora i kalibrirana provodljivost podzemnog istjecanja između sustava pukotina (bazen 1) i jezera. Podaci su prikazani u tablici 1. i u tablici 2. u poglavlju 4.2.

### 5.1.1. Krivulje protoka

Podaci u datotekama PK1, PK2,..., PK15, NBK1, NBK2,..., NBK15 i PSDZ1, PSDZ2,..., PSDZ15 su podaci dobiveni analizom postojećeg stanja kao što je objašnjeno u poglavlju 3.

### 5.1.2. Mjesečne padaline

Podaci o padalinama dani su na dnevnoj razini, međutim zbog preglednosti na sljedećim grafovima prikazane su mjesečne vrijednosti.



Graf 16. Mjesečne padaline za razdoblje od 2010.-2014. godine

### 5.1.3. Evaporacija

U tablici 6. prikazane su srednje mjesečne temperature i relativne vlažnosti za postaju Biograd na moru za navedeno razdoblje.

	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
2010	5,50	7,20	9,40	13,80	17,50	22,30	25,80	23,90	19,10	14,40	13,00	7,00
2011	6,50	7,00	10,00	15,20	19,20	23,60	24,30	25,50	23,20	15,40	10,80	9,70
2012	6,20	3,10	12,20	13,40	17,60	24,10	27,00	26,20	21,00	16,40	14,30	7,20
srednja vl. zraka [%]	71,00	73,00	69,00	66,00	70,00	57,00	52,00	60,00	70,00	66,00	82,00	71,00
srednja vl. zraka [%]	73,00	63,00	63,00	54,00	50,00	55,00	55,00	51,00	60,00	64,00	73,00	72,00
srednja vl. zraka [%]	73,00	70,00	68,00	65,00	70,00	60,00	57,00	59,00	72,00	65,00	74,00	73,00

Tablica 6. Srednje mjesečne temperature i relativne vlažnosti za postaju Biograd za 2010., 2011. i 2012. godinu

Za izračun specifične evaporacije sa slobodne vodne površine korištena je modificirana formula po Ivanovu.

Izvorna formula po Ivanovu je:

$$E = 0.0018 \cdot (25 + T) \cdot (100 - U)$$

gdje je:

- E – mjesečna suma isparavanja sa slobodne površine [mm/mjesec/m<sup>2</sup>]

- T – srednja mjesečna temperatura zraka [C°]
- U – srednja mjesečna vlažnost zraka [%]

Modificirana formula po Ivanovu koja se često koristi na našem području je:

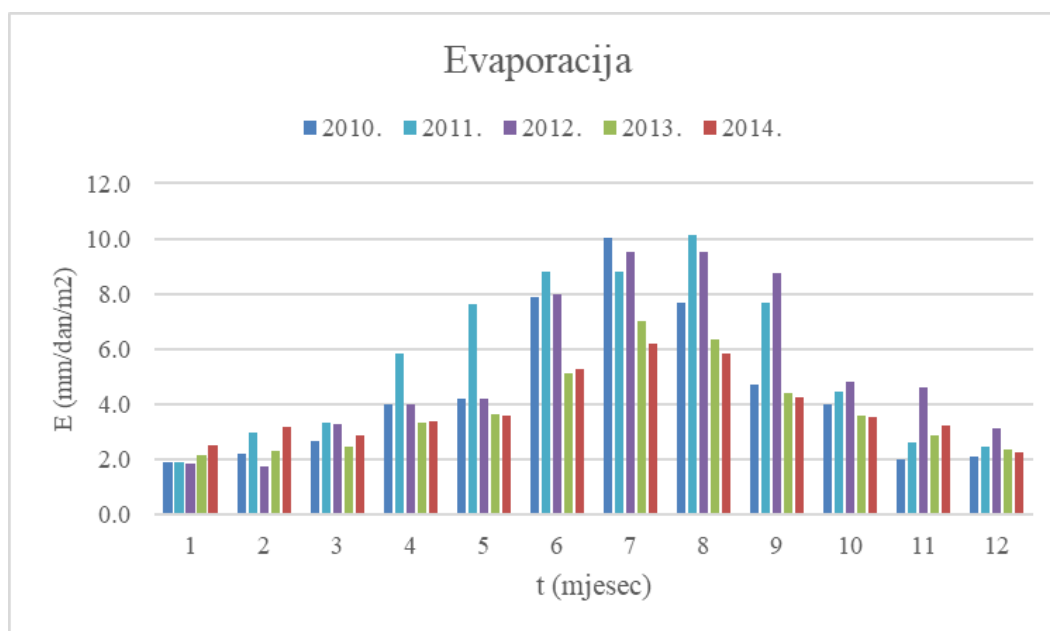
$$E = 0.000805 \cdot (25 + T)^{2.29} \cdot (100 - U)$$

U tablici 7. prikazane se izračunate mjesečne evaporacije sa slobodne vodne površine za razdoblje od početka 2010. do kraja 2014. godine.

2010. EVAPORACIJA po Ivanovu - modif. [mm]	58.51	61.68	82.39	119.04	129.40	236.97	311.50	237.89	140.83	123.30	60.09	65.31
2011. EVAPORACIJA po Ivanovu - modif. [mm]	58.65	83.33	102.31	174.68	235.93	263.88	272.66	313.71	230.16	138.26	78.62	75.91
2012. EVAPORACIJA po Ivanovu - modif. [mm]	57.38	50.17	101.74	119.67	130.10	240.12	294.38	270.90	144.77	142.17	93.74	61.68
2013. EVAPORACIJA po Ivanovu - modif. [mm]	66.26	64.82	76.69	99.79	112.83	153.07	217.41	196.41	132.61	111.50	85.73	72.91
2014. EVAPORACIJA po Ivanovu - modif. [mm]	77.82	89.04	88.77	101.90	111.19	158.72	192.34	180.02	126.82	109.39	96.10	69.44

Tablica 7. Izračunate mjesečne evaporacije sa slobodne vodne površine za razdoblje od početka 2010. do kraja 2014. godine, po modificiranoj formuli Ivanova

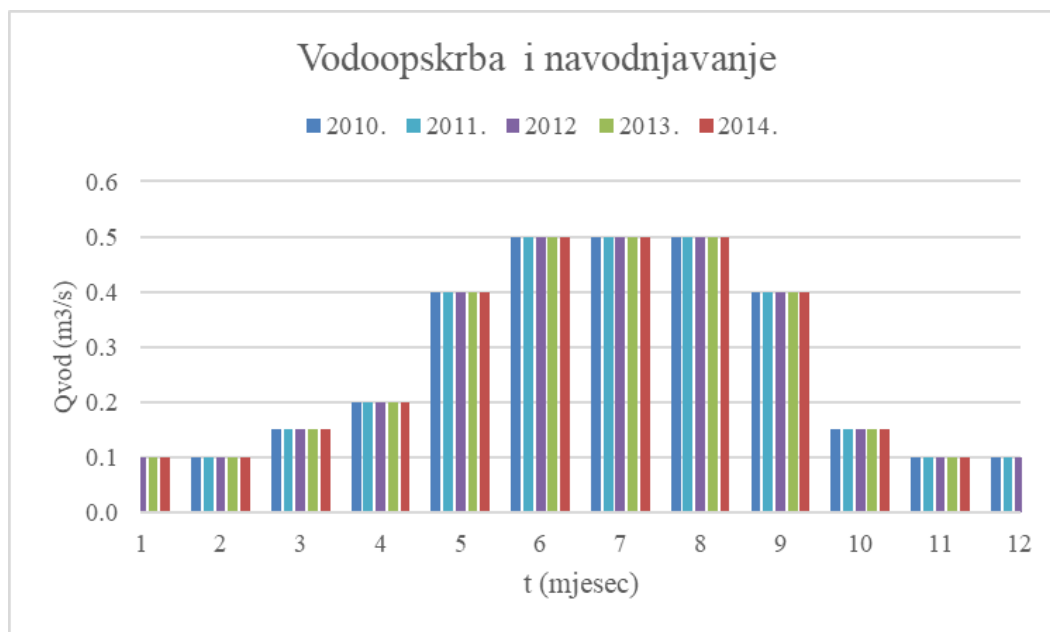
Iz navedene tablice izračunate su vrijednosti evaporacije po danima i prikazane su na grafu 17. Podaci o evaporaciji izraženi su u mm/dan/m<sup>2</sup>.



Graf 17. Mjesečne vrijednosti izračunate evaporacije za razdoblje od 2010. – 2014. godine

#### 5.1.4. Vodoopskrba i navodnjavanje

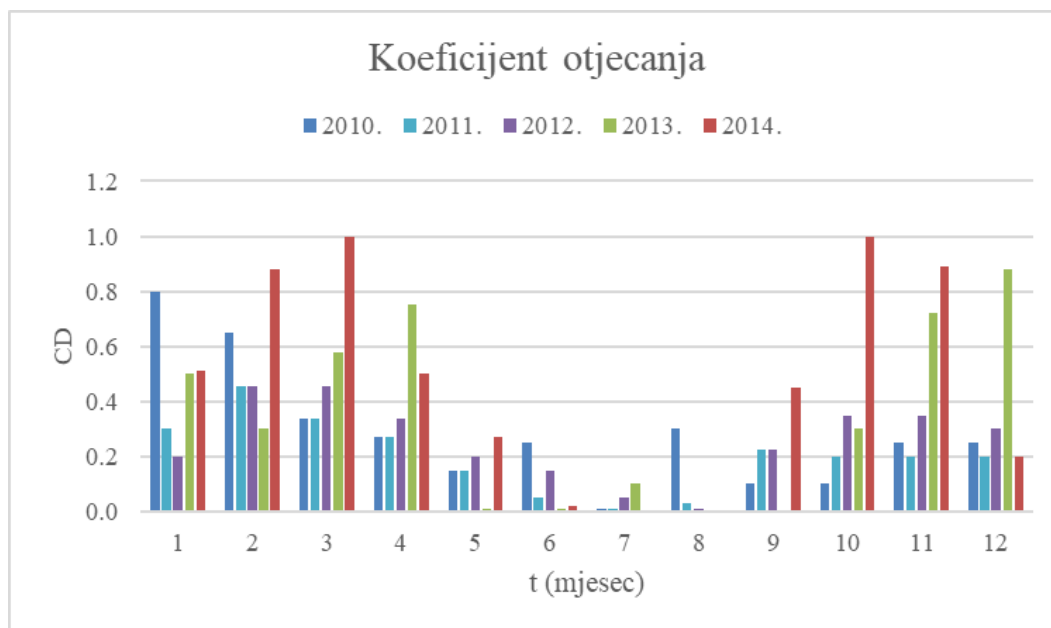
Protoci za vodoopskrbu i navodnjavanje dani su kao mjesečne vrijednosti, ali su zbog proračuna svedeni na dnevne vrijednosti. Za sve promatrane godine uzet je isti raspored vrijednosti potrošnje za vodoopskrbu i navodnjavanje unutar godine. Na grafu 18. prikazane su mjesečne vrijednosti.



Graf 18. Mjesečne vrijednosti protoka za vodoopskrbu i navodnjavanje za razdoblje 2010. – 2014. godine

#### 5.1.5. Koeficijent otjecanja

Podaci o koeficijentima otjecanja sa sliva dani su na mjesečnoj razini kao i protoci za vodoopskrbu i navodnjavanje. Tokom jednog mjeseca uzeta je svaki dan ista vrijednost koeficijenta otjecanja. Vrijednosti kalibriranih koeficijenata otjecanja prikazani su na grafu 19.



Graf 19. Vrijednosti kalibriranih koeficijenata otjecanja sa sliva za razdoblje 2010.-2014. godine

### 5.1.6. Algoritam rada zapornice

Vrijedi za projektirano stanje za obje varijante gdje je izgradnja zapornice predviđena.

Usvaja se sljedeći algoritam rada zapornice:

- Ako je zapornica spuštена (kruna na koti 1.05 (m n.m.)) i vodostaj u jezeru je manji od zg zapornica ostaje spuštена.
- Ako je zapornica spuštена (kruna na koti 1.05 (m n.m.)) i vodostaj u jezeru je veći od zg zapornica se diže kako bi se povećalo pražnjenje kroz kanal Prosiku i kako bi se time spriječila poplava u jezeru.
- Ako je zapornica dignuta i vodostaj u jezeru je veći od zd zapornica ostaje dignuta.
- Ako je zapornica dignuta i vodostaj u jezeru je manji od zd zapornica se spušta (kruna na koti 1.05 (m n.m.)), kako bi se zadržala voda u jezeru.

Temeljem navedenih postavki izvršeno je modeliranje projektiranog stanja za 3 varijante.

- Varijanta 1. U Varijanti 1 odabrano je sljedeće:  $z_g=1.40$  (m n.m.),  $z_d=1.25$  (m n.m.).
- Varijanta 2. U Varijanti 2 odabrano je sljedeće:  $z_g=1.50$  (m n.m.),  $z_d=1.35$  (m n.m.).
- Varijanta 3. U Varijanti 3 odabrano je sljedeće:  $z_g=1.60$  (m n.m.),  $z_d=1.45$  (m n.m.).



## 5.2. Ulazne datoteke za postojeće stanje

Model je napravljen na temelju podataka, odnosno mjerenja za 2010., 2011., 2012., 2013. i 2014. godinu. Svi raspoloživi podaci grupirani su u sljedeće ulazne datoteke: PK1, PK2, PK3, PK4, PK5, PK6, PK7, PK8, PK9, PK10, PK11, PK12, PK13, PK14, PK15, VAR1, ULAZ1 i VRANA1.

PK1, PK2,..., PK15 su imena datoteka u kojima se nalaze podaci o krivuljama protoka (razinama u jezeru i odgovarajućim protocima) za razine mora od -0.6 (m n.m.) do +0.8 (m n.m.)

VAR1 je datoteka u kojoj su navedene sva imena datoteka potrebna za proračun.

ULAZ1 je datoteka sa ulaznim podacima o vremenima, količini padalina, količini evaporacije, protocima za vodoopskrbu i navodnjavanje, mjerenim razinama jezera i mora i koeficijentima otjecanja za i-ti dan.

VRANA1 je datoteka koja sadrži podatke o površini bazena 1 za odgovarajuće razine te o koeficijentima provodljivosti podzemlja.

### 5.2.1. Formiranje ulaznih datoteka

Ulazne datoteke PK1, PK2,..., PK15 formiraju se na sljedeći način:

Datoteka PK1:

1. N1
2. PK1H(I), PK1Q(I)

Datoteka PK2:

1. N2
2. PK2H(I), PK2Q(I)

...

Datoteka PK15:

1. N15
2. PK15H(I), PK15Q(I)

Gdje su:

N1, N2, ... , N15 – broj redaka s parovima podataka PK1H, PK1Q; PK2H, PK2Q; ... ;PK15H, PK15Q

PK1H(I), PK2H(I), ... , PK15H(I) – razina u jezeru (m.n.m.)

PK1Q(I), PK2Q(I), ... , PK15Q(I) – protok (m<sup>3</sup>/s)

Ulazna datoteka VAR1 formira se na sljedeći način:

1. ULAZ1.DAT
2. VRANA1.DAT
3. IZLAZ1.DAT

Ulazna datoteka ULAZ1 formira se na sljedeći način:

1. ID(I), IM(I), IG(I), ITD(I), P(I), E(I), QVOD(I), HJ(I), HM(I), CD(I)

Gdje su:

ID(I) – oznaka datuma

IM(I) – oznaka mjeseca

IG(I) – oznaka godine

ITD(I) – broj dana

P(I) – količina padalina (mm/dan)

E(I) – evaporacija (mm/dan/m<sup>2</sup>)

QVOD(I) – protok za vodoopskrbu i navodnjavanje (m<sup>3</sup>/s)

HJ(I) – mjerena razina jezera (m n.m.)

HM(I) – mjerena razina mora (m n.m.)

CD(I) – koeficijent otjecanja

Ulazna datoteka VRANA1 formira se na sljedeći način:

1. NB1
2. HB1(I), AB1(I)
3. NPODZ
4. HPODZ(I), XKPODZ(I)
5. NCB1
6. HCB1(I), CB1(I)
7. H1, HJ1, THETA, DT, NDT, NPIS

Gdje su:

NB1 – broj redaka s parovima podataka HB1(I) i AB1(I)

HB1(I) – razine vode u bazenu 1 (m.n.m.)

AB(I) – površina bazena 1 za razinu HB1(I) (m<sup>2</sup>)

NPODZ – broj redaka s parovima podataka HPODZ(I) i XKPODZ(I)

HPODZ(I) – razina vode u podzemlju (m n.m.)

XKPODZ(I) – koeficijent provodljivosti podzemlja

NCB1 – broj redaka s parovima podataka HCB1(I) i CB1(I)

HCB1(I) – razina vode u bazenu 1 (m n.m.)  
CB1(I) – koeficijent provodljivosti iz bazena 1  
H1 – razina u bazenu 1 (m n.m.)  
HJ1 – razina u jezeru na početku intervala (m n.m.)  
THETA – parametar integracije  
DT – vremenski korak (s)  
NDT – broj vremenskih koraka  
NPIS – korak zapisivanja podataka

### 5.3. Ulazne datoteke za projektirano stanje

Model je napravljen na temelju podataka, odnosno mjerenja za 2010., 2011., 2012., 2013. i 2014. godinu. Svi raspoloživi podaci za projektirano stanje sa ribljom stazom grupirani su u sljedeće ulazne datoteke: NBK1, NBK2, NBK3, NBK4, NBK5, NBK6, NBK7, NBK8, NBK9, NBK10, NBK11, NBK12, NBK13, NBK14, NBK15, VARN1, ULAZ1 i VRANAN1. Podaci za novo projektirano stanje bez riblje staze grupirani su u sljedeće ulazne datoteke: PSDZ1, PSDZ2, PSDZ3, PSDZ4, PSDZ5, PSDZ6, PSDZ7, PSDZ8, PSDZ9, PSDZ10, PSDZ11, PSDZ12, PSDZ13, PSDZ14, PSDZ15, VARN1, ULAZ1 i VRANAN1.

NBK1, NBK2,..., NBK15 (isto vrijedi i za PSDZ1, PSDZ2,..., PSDZ15) su imena datoteka u kojima se nalaze podaci o krivuljama protoka (razinama u jezeru i odgovarajućim protocima) za razine mora od -0.6 (m n.m.) do +0.8 (m n.m.)

VARN1 je datoteka u kojoj su navedene sva imena datoteka potrebna za proračun.

ULAZ1 je datoteka sa ulaznim podacima o vremenima, količini padalina, količini evaporacije, protocima za vodoopskrbu i navodnjavanje, mjerenim razinama jezera i mora i koeficijentima otjecanja za i-ti dan.

VRANAN1 je datoteka koja sadrži podatke o površini bazena 1 za odgovarajuće razine te o koeficijentima provodljivosti podzemlja.

#### 5.3.1. Formiranje ulaznih datoteka

Ulazne datoteke NBK1, NBK2,..., NBK15 (isto vrijedi i za PSDZ1, PSDZ2,..., PSDZ15) formiraju se na sljedeći način:

Datoteka NBK1:

1. N1
2. NBK1H(I), NBK1Q(I)

Datoteka NBK2:

1. N2
2. NBK2H(I), NBK2Q(I)

...

Datoteka NBK15:

1. N15
2. NBK15H(I), NBK15Q(I)

Gdje su:

N1, N2, ... , N15 – broj redaka s parovima podataka NBK1H, NBK1Q; NBK2H, NBK2Q; ... ;NBK15H, NBK15Q

NBK1H(I), NBK2H(I), ... , NBK15H(I) – razina u jezeru (m.n.m.)

NBK1Q(I), NBK2Q(I), ... , NBK15Q(I) – protok (m<sup>3</sup>/s)

Ulazna datoteka VAR1 formira se na sljedeći način:

1. ULAZ1.DAT
2. VRANAN1.DAT
3. IZLAZN1.DAT

Ulazna datoteka ULAZ1 formira se na sljedeći način:

1. ID(I), IM(I), IG(I), ITD(I), P(I), E(I), QVOD(I), HJ(I), HM(I), CD(I)

Gdje su:

ID(I) – oznaka datuma

IM(I) – oznaka mjeseca

IG(I) – oznaka godine

ITD(I) – broj dana

P(I) – količina padalina (mm/dan)

E(I) – evaporacija (mm/dan/m<sup>2</sup>)

QVOD(I) – protok za vodoopskrbu i navodnjavanje (m<sup>3</sup>/s)

HJ(I) – mjerena razina jezera (m n.m.)

HM(I) – mjerena razina mora (m n.m.)

CD(I) – koeficijent otjecanja

Ulazna datoteka VRANAN1 formira se na sljedeći način:

1. NB1
2. HB1(I), AB1(I)
3. NPODZ

4. HPODZ(I), XKPODZ(I)
5. NCB1
6. HCB1(I), CB1(I)
7. H1, HJ1, THETA, DT, NDT, NPIS
8. IZAP, ZG, ZD

Gdje su:

NB1 – broj redaka s parovima podataka HB1(I) i AB1(I)

HB1(I) – razine vode u bazenu 1 (m.n.m.)

AB(I) – površina bazena 1 za razinu HB1(I) (m<sup>2</sup>)

NPODZ – broj redaka s parovima podataka HPODZ(I) i XKPODZ(I)

HPODZ(I) – razina vode u podzemlju (m n.m.)

XKPODZ(I) – koeficijent provodljivosti podzemlja

NCB1 – broj redaka s parovima podataka HCB1(I) i CB1(I)

HCB1(I) – razina vode u bazenu 1 (m n.m.)

CB1(I) – koeficijent provodljivosti iz bazena 1

H1 – razina u bazenu 1 (m n.m.)

HJ1 – razina u jezeru na početku intervala (m n.m.)

THETA – parametar integracije

DT – vremenski korak (s)

NDT – broj vremenskih koraka

NPIS – korak zapisivanja podataka

IZAP=1 - znači da je zapornica spuštена (radi preljev)

IZAP=2 - znači da je zapornica dignuta

ZG - razina u jezeru iznad koje se zapornica diže

ZD - razina u jezeru ispod koje se zapornica spušta

#### 5.4. Objašnjenje programskog rješenja

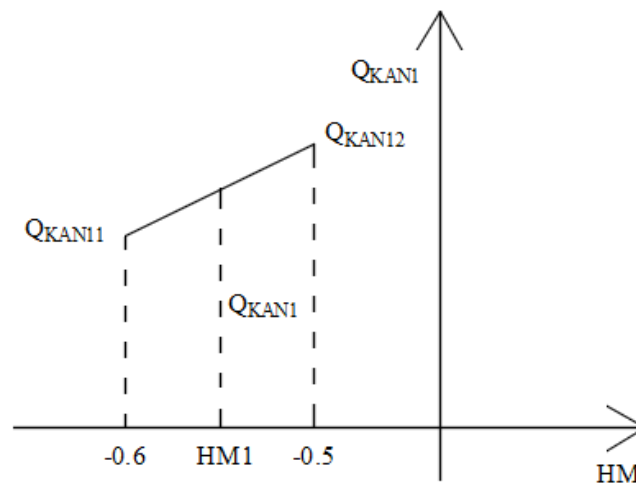
Program VRANA sastoji se od glavnog programa i dva potprograma OPEN i SOLVER. OPEN služi za otvaranje ulaznih i izlaznih datoteka i njihovo imenovanje. Potprogramom SOLVER rješavaju se nelinearne jednačbe, u ovom slučaju tri jednačbe s tri nepoznanice. Osim potprograma korištena je i funkcija BH kojom se vrši linearna interpolacija varijabli.

U glavnom programu prvo se vrši učitavanje ulaznih podataka iz ulaznih datoteka opisanih u prethodnom poglavlju. Proračun se ponavlja ovisno o broju vremenskih koraka. Za svaki

vremenski korak vrši se proračun vodostaja u bazenu 1 i u jezeru, te protok između bazena 1 i jezera. Paralelno se računaju i protoci kroz kanal i gubici kroz podzemno otjecanje.

Kao što je navedeno u poglavlju 4.2. ne postoji univerzalan izraz za izračun protoka u kanalu  $Q_{KAN}$ . Njegova vrijednost varira ovisno o razini mora, a obzirom da su krivulje protoka dobivene samo za odabrane razine mora od -0.6 (m n.m.) do +0.8 (m n.m.) (svakih 0.1. (m)) potrebno je linearnom interpolacijom, za razine mora različite od navedenih, dobiti vrijednost  $Q_{KAN}$ . Svi protoci definirani su na početku i na kraju intervala, tako i  $Q_{KAN}$ . Za primjer  $Q_{KAN1}$  – protok u kanalu na početku intervala, objašnjen je način određivanja protoka u kanalu kada je razina mora različita od raspoloživih. Isto vrijedi i za  $Q_{KAN2}$  – protok u kanalu na kraju intervala.

Vrijednosti protoka  $Q_{KAN}$  čitaju se iz datoteka PK1, PK2,..., PK15 za postojeće stanje, NBK1, NBK2,..., NBK15 za projektirano, odnosno PSDZ1, PSDZ2,..., PSDZ15 za novo projektirano stanje. Neka je  $Q_{KAN11}$  protok za razinu mora -0.6 (m n.m.) učitani iz datoteke PK1, a  $Q_{KAN12}$  protok za razinu mora -0.5 (m n.m.) učitani iz datoteke PK2, tada vrijedi prikazano na slici 12.



Slika 12. Grafički prikaz određivanja protoka u kanalu

Protok u kanalu odredit će se linearnom interpolacijom, prema sljedećem izrazu:

$$Q_{KAN1} = Q_{KAN11} + \frac{Q_{KAN12} - Q_{KAN11}}{0.1} \cdot (HM1 + 0.6) \quad (65)$$

Nakon izračunatih svih potrebnih protoka pristupa se formiranju triju jednažbi s tri nepoznanice, kao i derivacija po nepoznatim varijablama. Sustav se rješava primjenom potprograma SOLVER.

## 5.5. Izlazna datoteka

### 5.5.1. Postojeće stanje

Rezultat cijelog proračuna su nepoznate varijable  $h_1^{k+1}$ ,  $Q_1^{k+1}$  i  $h_j^{k+1}$ , odnosno u programskom rješenju zapisane kao H12, Q12 i HJ2. Rješenja su zapisana u izlaznoj datoteci IZL.

Ispis se vrši na način ako je redni broj vremenskog koraka jednak jedan (IVR=1), program ispisuje sljedeće podatke:

1. T1, T1D, H11, Q11, HJ1, HJM1, QJEZ1, EV1, QVOD1, QPOD1, QKAN1, HM1

Gdje su:

T1 – vrijeme na početku intervala (s)

T1D – vrijeme na početku intervala (dan)

H11 – razina u bazenu 1 na početku intervala (m.n.m.)

Q11 – dotok iz bazena 1 na jezero na početku intervala ( $m^3/s$ )

HJ1 – razina u jezeru na početku intervala (m.n.m.)

HJM1 – mjerena razina u jezeru na početku intervala (m.n.m.)

QJEZ1 – dotok vode od padalina direktno na jezero na početku intervala ( $m^3/s$ )

EV1 – evaporacija na početku intervala ( $mm/dan/m^2$ )

QVOD1 – protok za vodoopskrbu i navodnjavanje na početku intervala ( $m^3/s$ )

QPOD1 – protok podzemnog procjeđivanja na početku intervala ( $m^3/s$ )

QKAN1 – protok u kanalu na početku intervala ( $m^3/s$ )

HM1 – razina mora na početku intervala (m.n.m.).

Za svaki redni broj vremenskog koraka različitog od jedan (koji je usto i višekratnik broja NPIS), u izlaznoj datoteci ispisuju se podaci na sljedeći način:

1. T2, T2D, H12, Q12, HJ2, HJM2, QJEZ2, EV2, QVOD2, QPOD2, QKAN2, HM2

Gdje su:

T2 – vrijeme na kraju intervala (s)

T2D – vrijeme na kraju intervala (dan)

H12 – razina u bazenu 1 na kraju intervala (m n.m.)

Q12 – dotok iz bazena 1 na jezero na kraju intervala ( $m^3/s$ )

HJ2 – razina u jezeru na kraju intervala (m n.m.)

HJM2 – mjerena razina u jezeru na kraju intervala (m n.m.)

QJEZ2 – dotok vode od padalina direktno na jezero na kraju intervala ( $m^3/s$ )

EV2 – evaporacija na kraju intervala ( $mm/dan/m^2$ )

QVOD2 – protok za vodoopskrbu i navodnjavanje na kraju intervala ( $\text{m}^3/\text{s}$ )

QPOD2 – protok podzemnog procjeđivanja na kraju intervala ( $\text{m}^3/\text{s}$ )

QKAN2 – protok u kanalu na kraju intervala ( $\text{m}^3/\text{s}$ )

HM2 – razina mora na kraju intervala (m n.m.)

### 5.5.2. Projektirano stanje za dvije varijante

Rezultat cijelog proračuna su nepoznate varijable  $h_1^{k+1}$ ,  $Q_1^{k+1}$  i  $h_j^{k+1}$ , odnosno u programskom rješenju zapisane kao H12, Q12 i HJ2. Rješenja su zapisana u izlaznoj datoteci IZL.

Ispis se vrši na način ako je redni broj vremenskog koraka jednak jedan (IVR=1), program ispisuje sljedeće podatke:

2. T1, T1D, H11, Q11, HJ1, HJM1, QJEZ1, EV1, QVOD1, QPOD1, QKAN1, HM1

Gdje su:

T1 – vrijeme na početku intervala (s)

T1D – vrijeme na početku intervala (dan)

H11 – razina u bazenu 1 na početku intervala (m.n.m.)

Q11 – dotok iz bazena 1 na jezero na početku intervala ( $\text{m}^3/\text{s}$ )

HJ1 – razina u jezeru na početku intervala (m.n.m.)

HJM1 – mjerena razina u jezeru na početku intervala (m.n.m.)

QJEZ1 – dotok vode od padalina direktno na jezero na početku intervala ( $\text{m}^3/\text{s}$ )

EV1 – evaporacija na početku intervala ( $\text{mm}/\text{dan}/\text{m}^2$ )

QVOD1 – protok za vodoopskrbu i navodnjavanje na početku intervala ( $\text{m}^3/\text{s}$ )

QPOD1 – protok podzemnog procjeđivanja na početku intervala ( $\text{m}^3/\text{s}$ )

QKAN1 – protok u kanalu na početku intervala ( $\text{m}^3/\text{s}$ )

HM1 – razina mora na početku intervala (m.n.m.).

Za svaki redni broj vremenskog koraka različitog od jedan (koji je usto i višekratnik broja NPIS), u izlaznoj datoteci ispisuju se podaci na sljedeći način:

2. T2, T2D, CD, Q02, H12, Q12, HJ2, HJM2, QJEZ2, EV2, QVOD2, QPOD2, QKAN2, HM2

Gdje su:

T2 – vrijeme na kraju intervala (s)

T2D – vrijeme na kraju intervala (dan)

CD(I) - dnevni koeficijent otjecanja za i-ti dan



Q02 - dotok u bazen 1 na kraju intervala (m<sup>3</sup>/s)

H12 – razina u bazenu 1 na kraju intervala (m n.m.)

Q12 – dotok iz bazena 1 na jezero na kraju intervala (m<sup>3</sup>/s)

HJ2 – razina u jezeru na kraju intervala (m n.m.)

HJM2 – mjerena razina u jezeru na kraju intervala (m n.m.)

QJEZ2 – dotok vode od padalina direktno na jezero na kraju intervala (m<sup>3</sup>/s)

EV2– evaporacija na kraju intervala (mm/dan/m<sup>2</sup>)

QVOD2 – protok za vodoopskrbu i navodnjavanje na kraju intervala (m<sup>3</sup>/s)

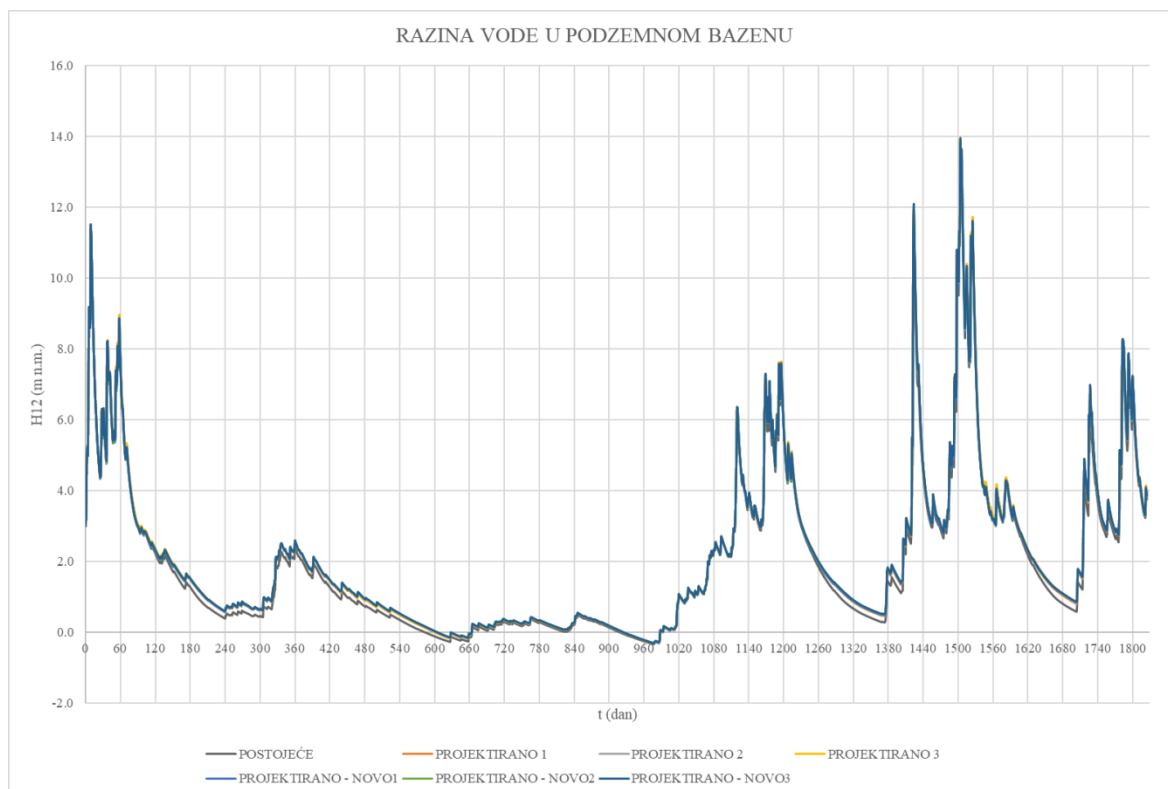
QPOD2 – protok podzemnog procjeđivanja na kraju intervala (m<sup>3</sup>/s)

QKAN2 – protok u kanalu na kraju intervala (m<sup>3</sup>/s)

HM2 – razina mora na kraju intervala (m n.m.)

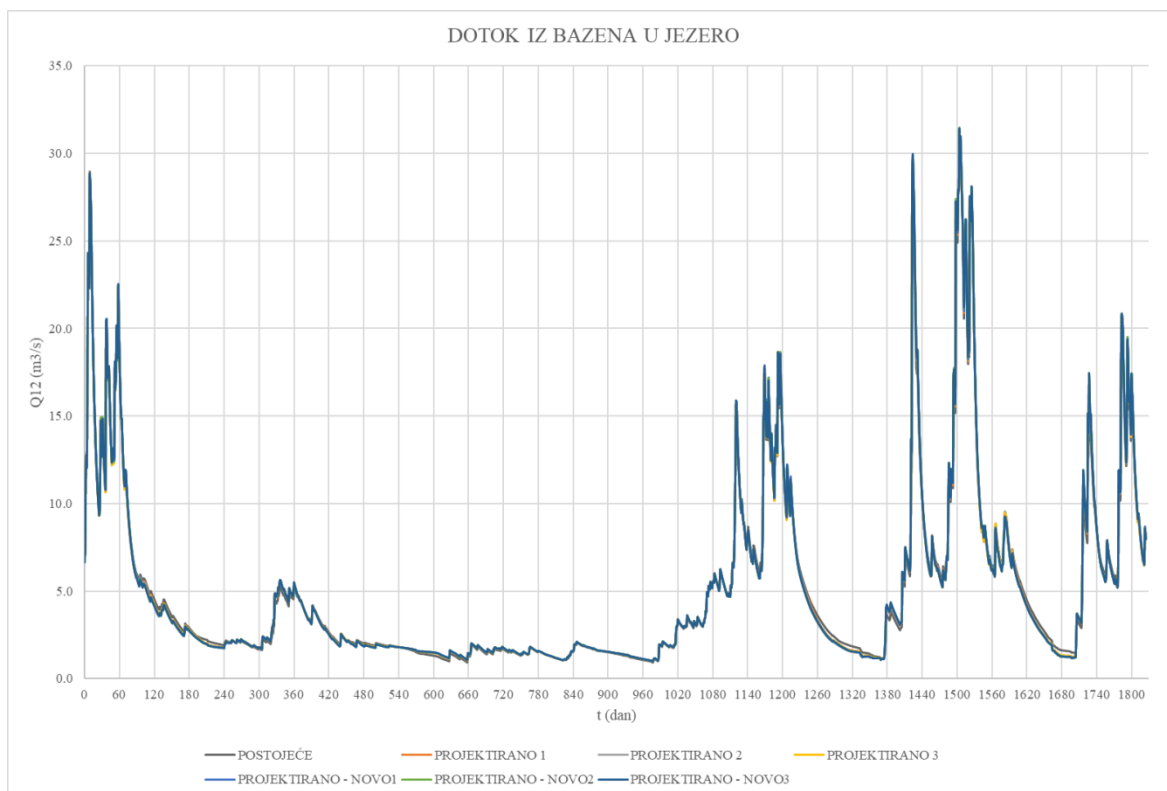
## 5.6. Rezultati proračuna

Rješenja dobivena modelom ispisuju se u izlaznoj datoteci. Na sljedećim grafovima biti će prikazana sva navedena rješenja u ovisnosti o vremenu.



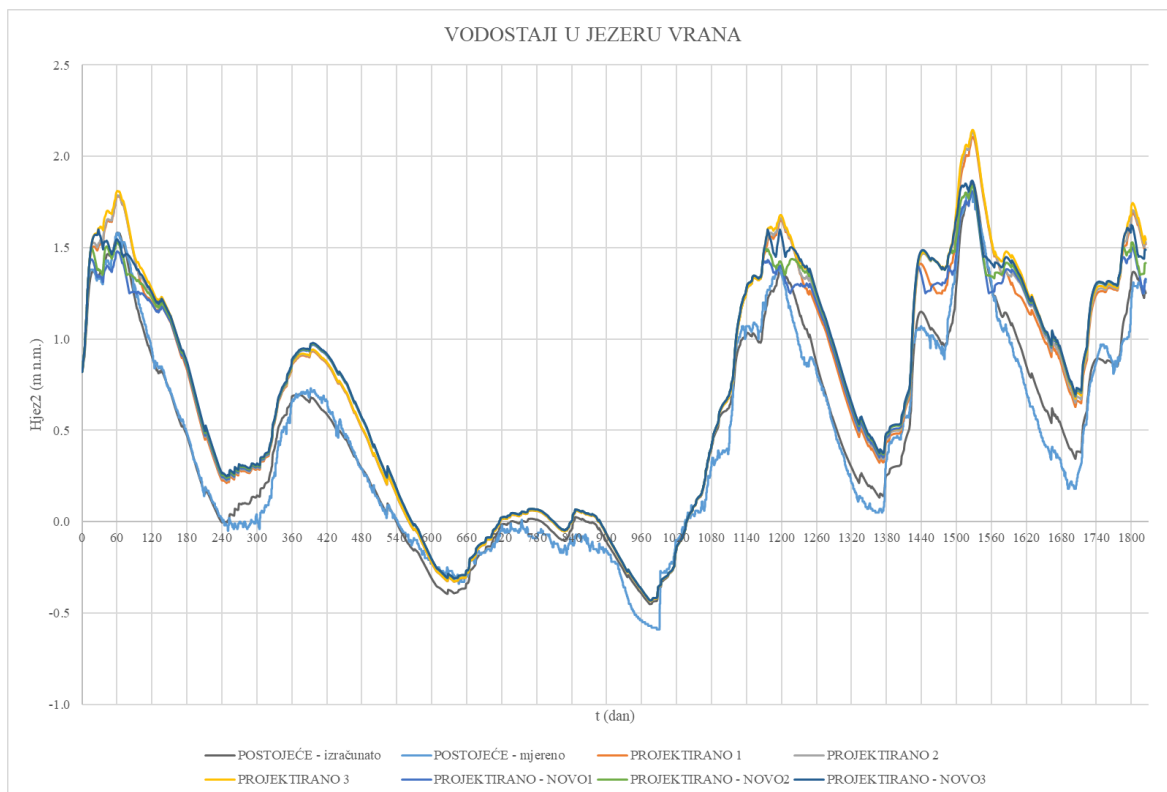
Graf 20. Razina u podzemnom bazenu 1 u funkciji vremena

\*H12 – razina u bazenu 1 na kraju intervala



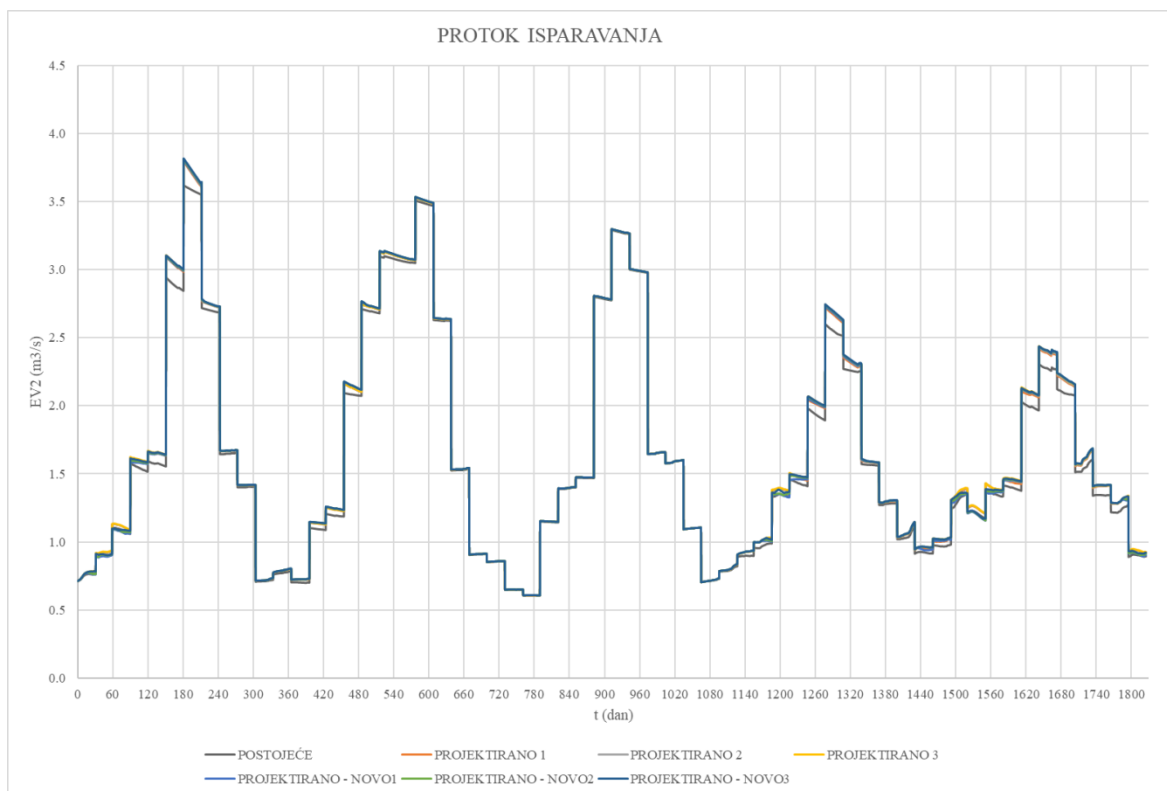
Graf 21. Dotoci iz bazena 1 u jezero u funkciji vremena

\*Q12 – dotok iz jezera na kraju intervala



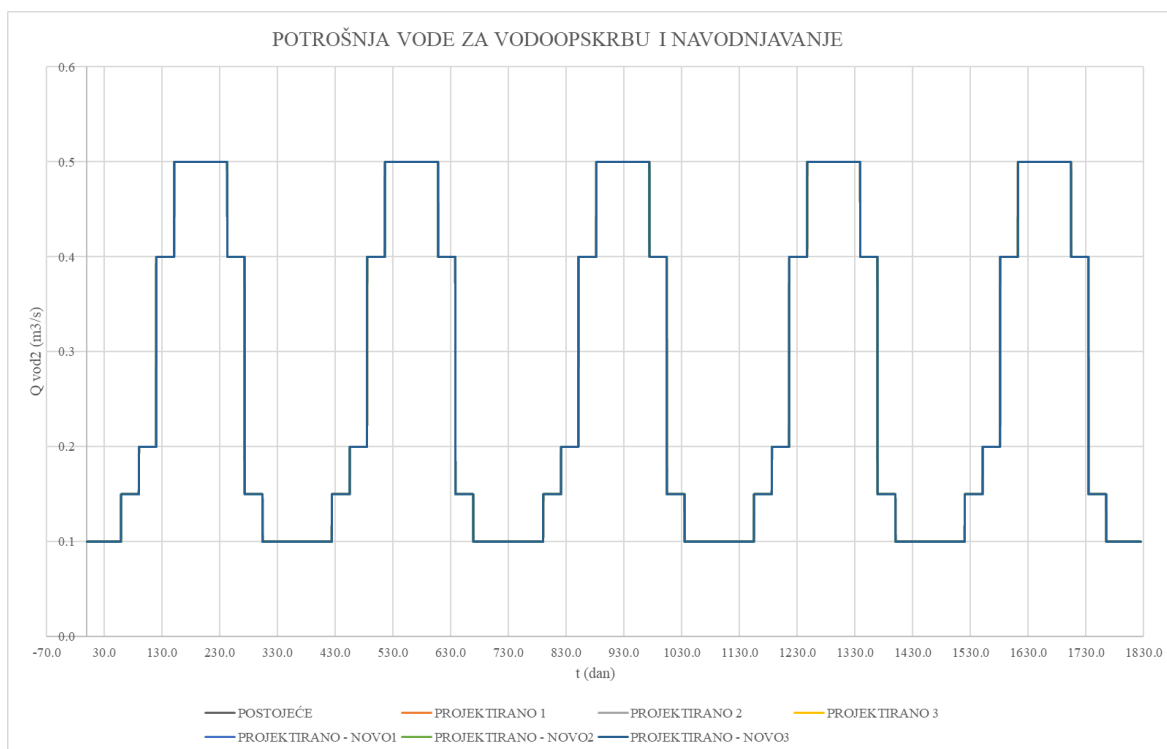
Graf 22. Izračunate razine vode u jezeru u funkciji vremena

\*HJEZ2 – razina u jezeru na kraju intervala



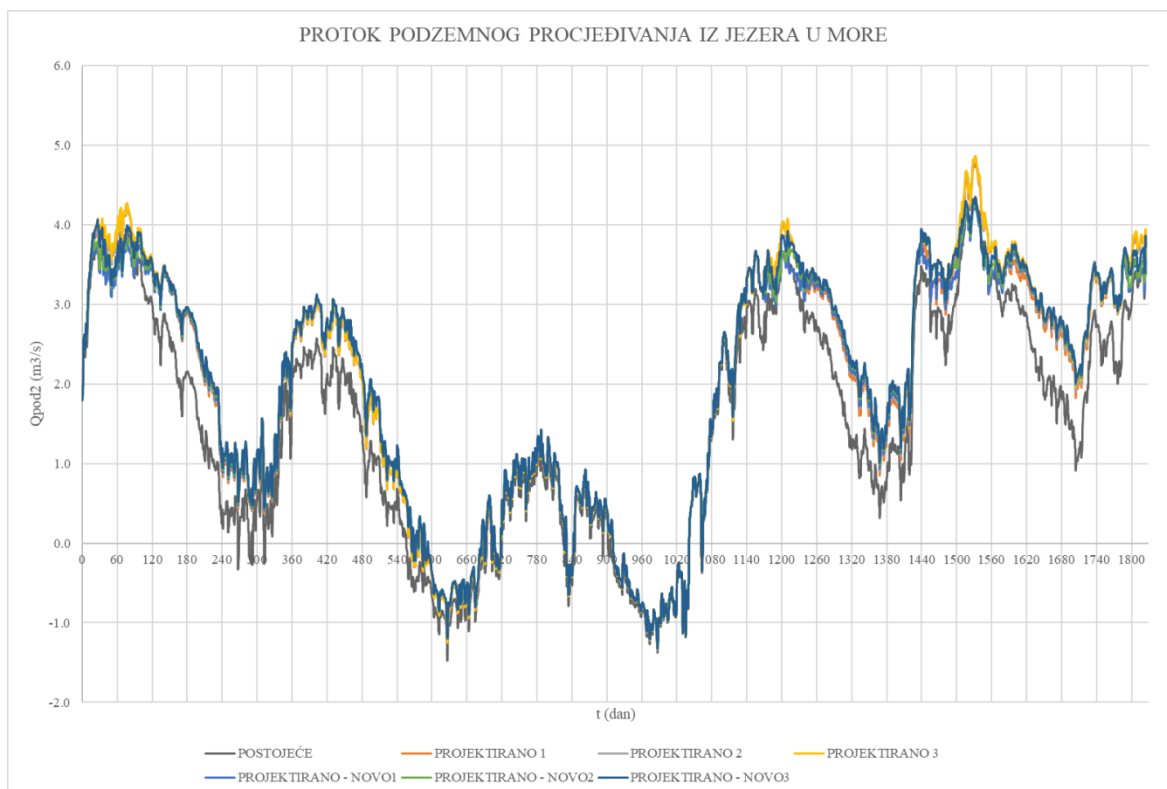
Graf 23. Protok isparavanja u funkciji vremena

\*EV2 – evaporacija na kraju intervala



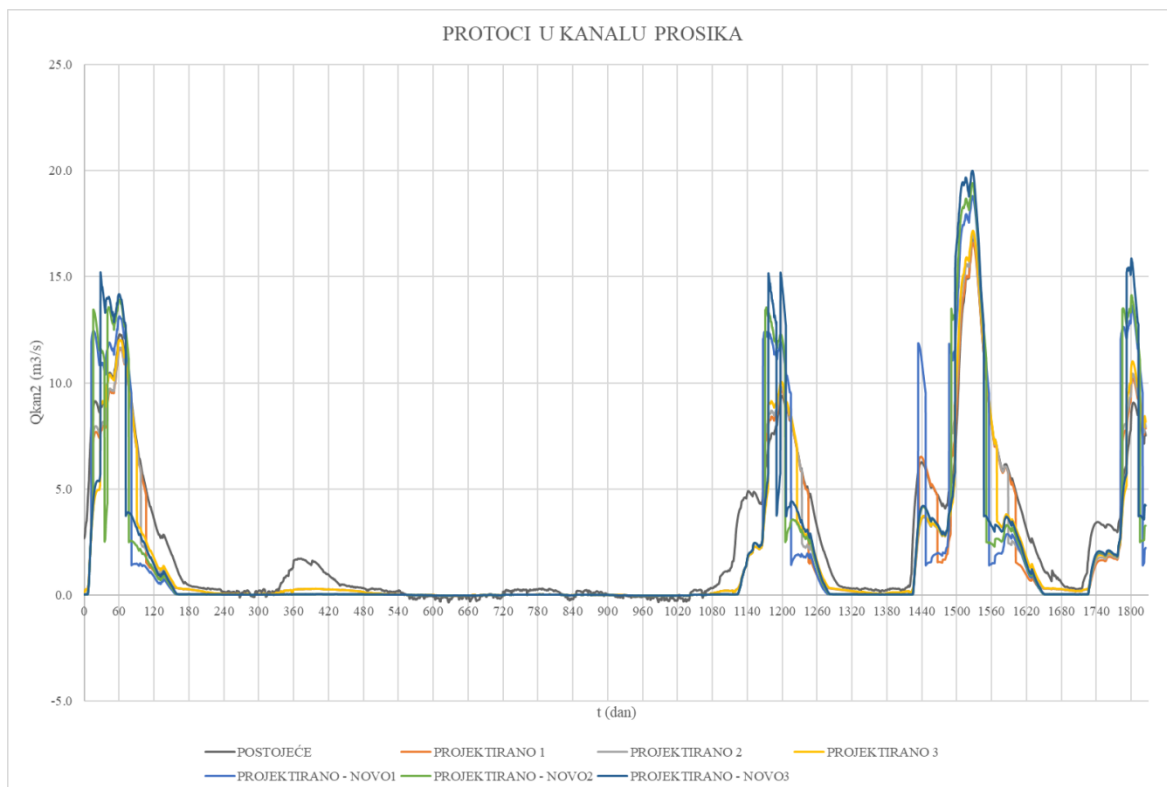
Graf 24. Protoci navodnjavanja i vodoopskrbe u funkciji vremena

\*QVOD2 – protok za vodoopskrbu i navodnjavanje na kraju intervala



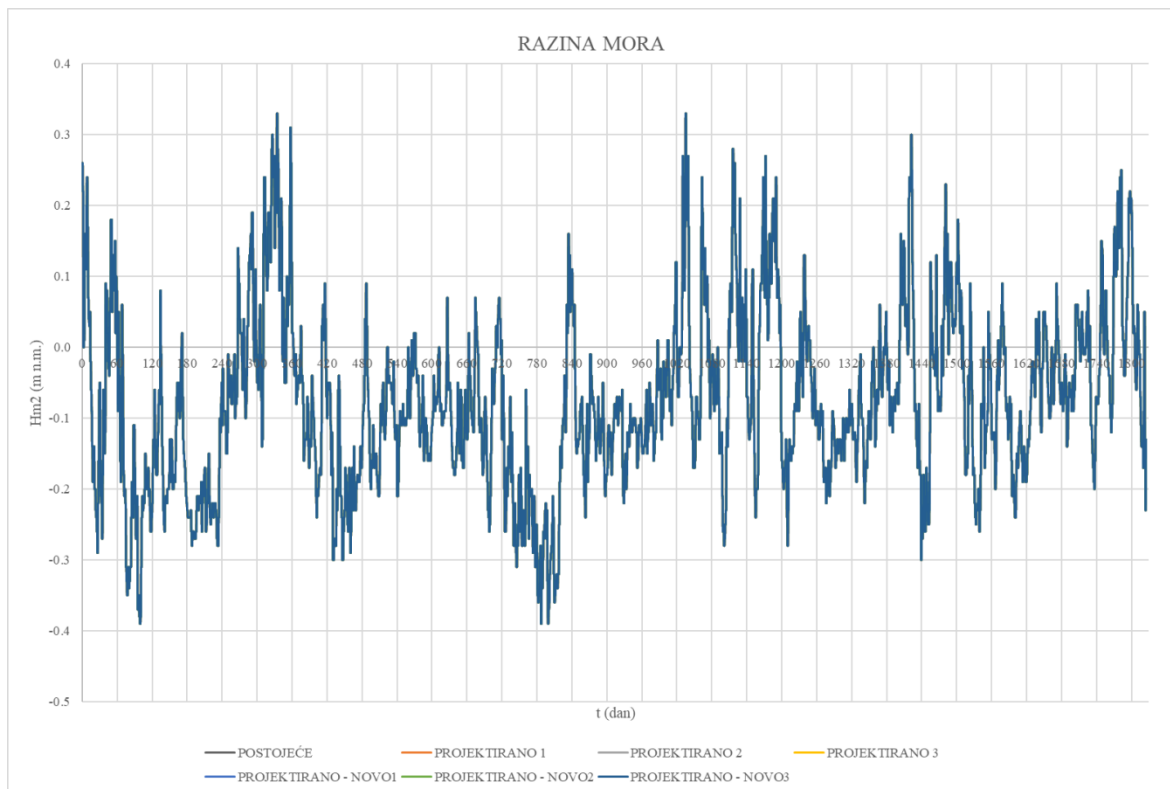
Graf 25. Protoci procjeđivanja između jezera i mora u funkciji vremena

\*QPOD2 – protok podzemnog procjeđivanja na kraju intervala



Graf 26. Protoci u kanalu Prosika u funkciji vremena

\*QKAN2 – protok kroz kanal na kraju intervala

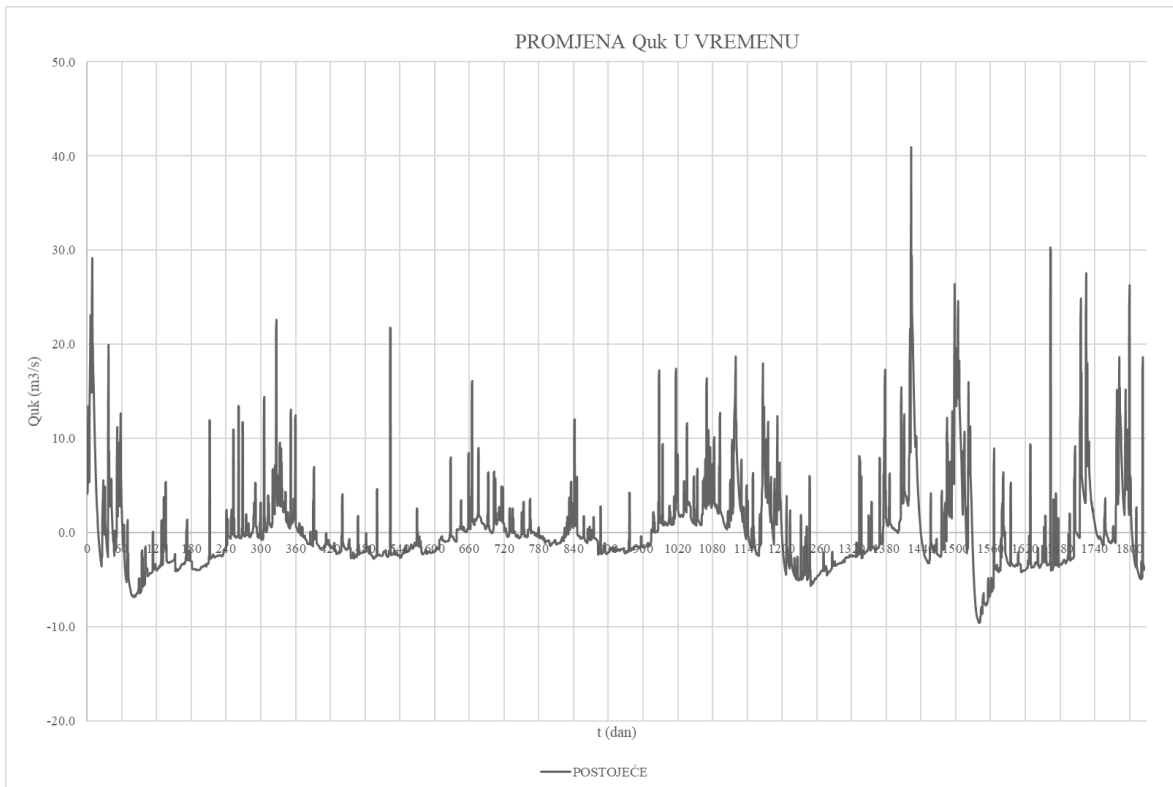
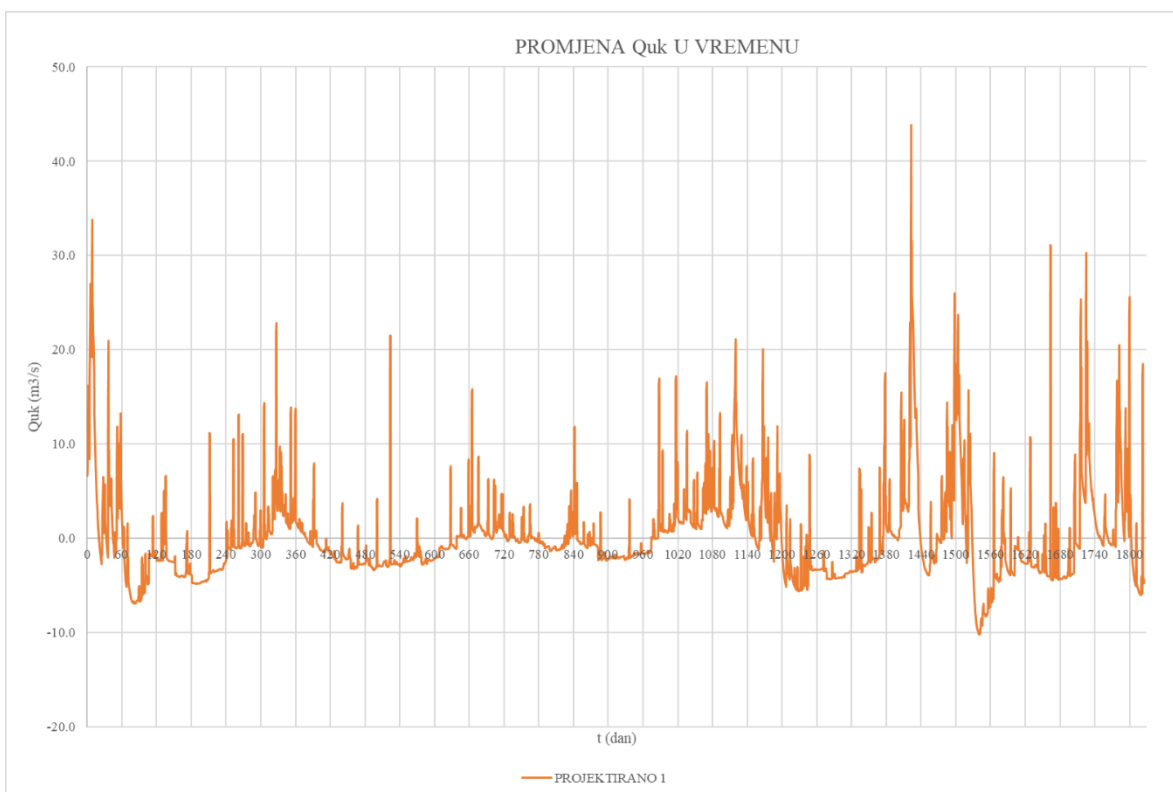


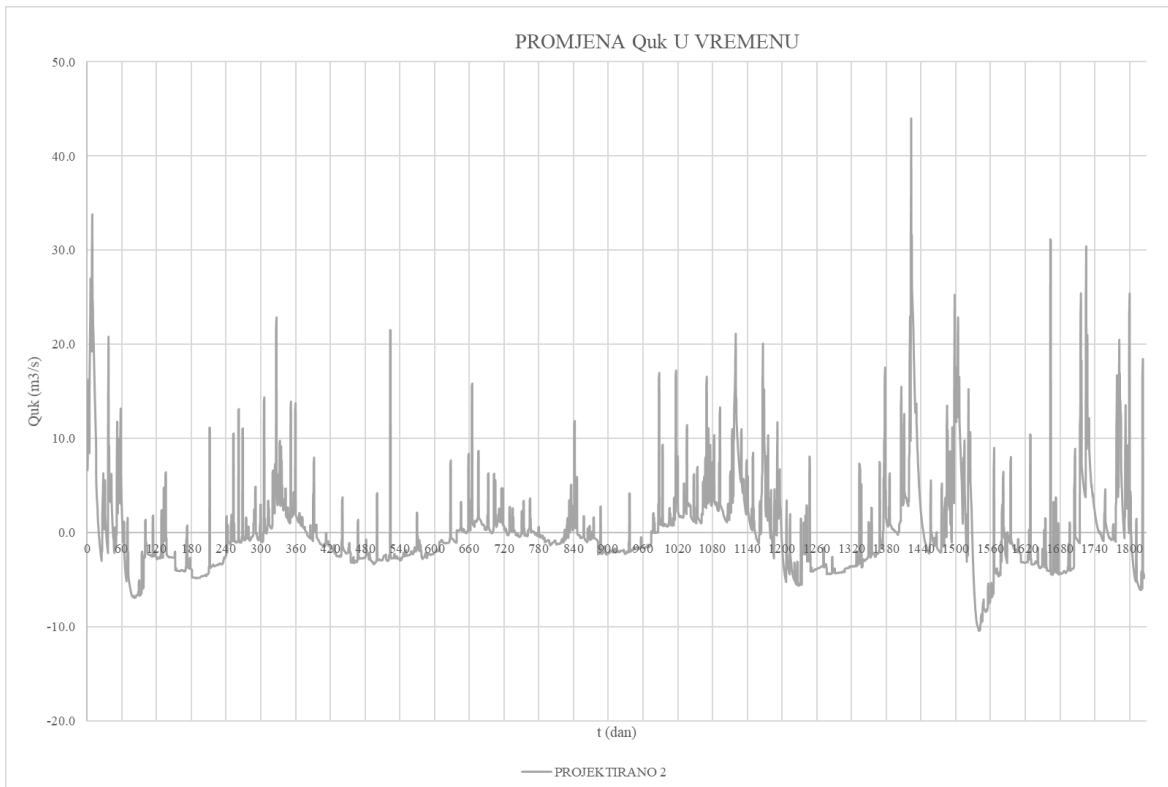
Graf 27. Mjerene razine mora u ovisnosti o vremenu

\*HM2 – razina mora na kraju intervala

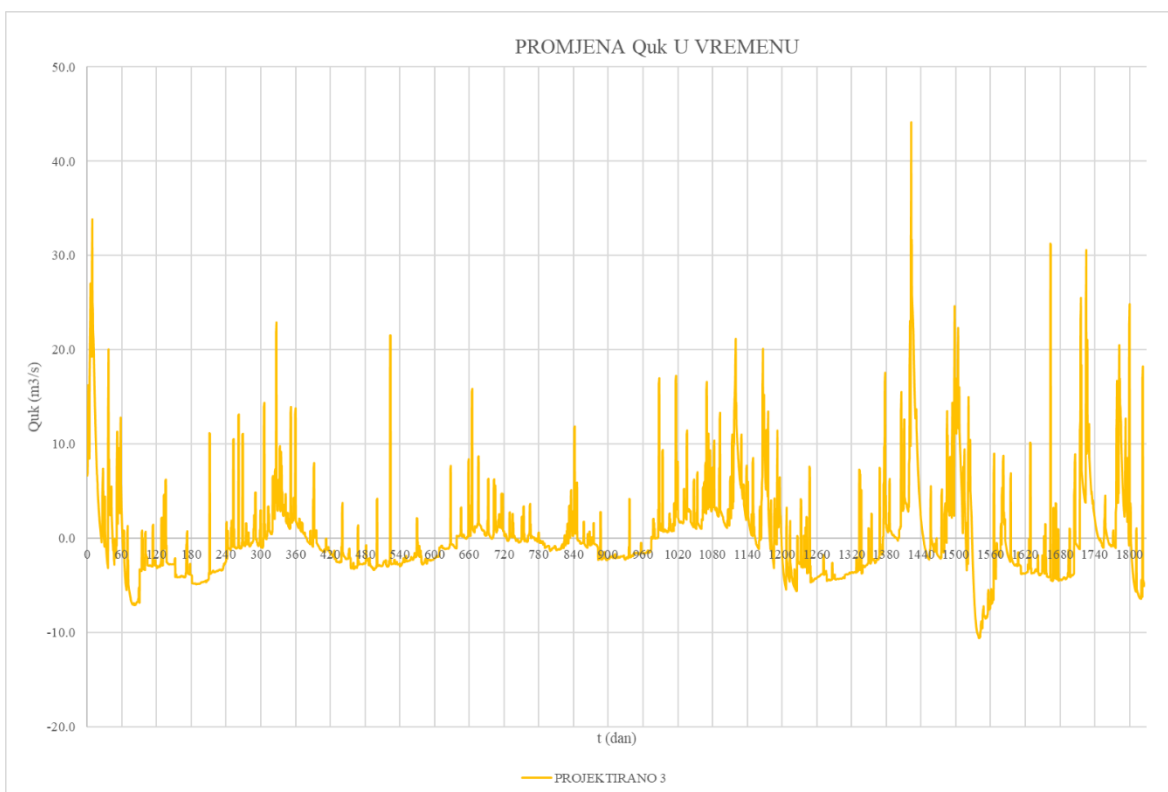
Koristeći se vodnom bilancom može se zapisati:

$$Q_{uk} = Q_{12} + Q_{JEZ2} - EV2 - Q_{VOD2} - Q_{POD2} - Q_{KAN2} \quad (64)$$

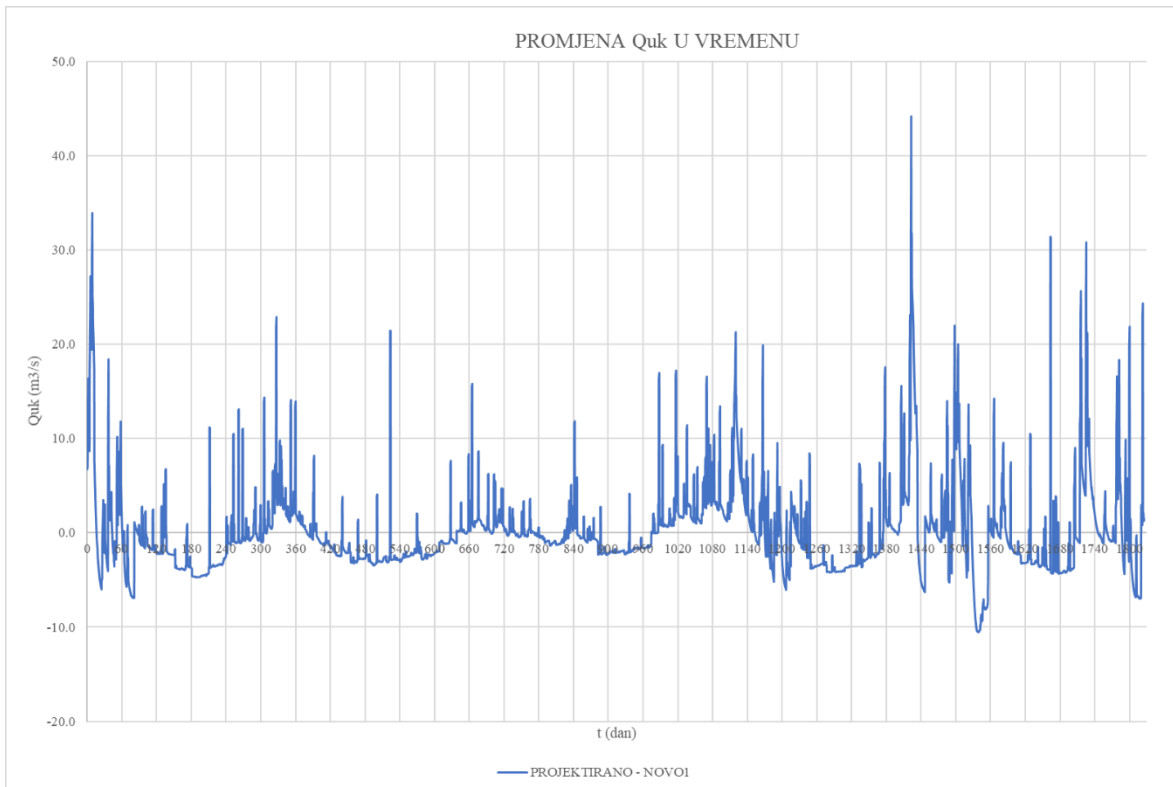
Graf 28. Promjena Q<sub>uk</sub> u vremenu za postojeće stanjeGraf 29. Promjena Q<sub>uk</sub> u vremenu za projektirano stanje – varijanta 1



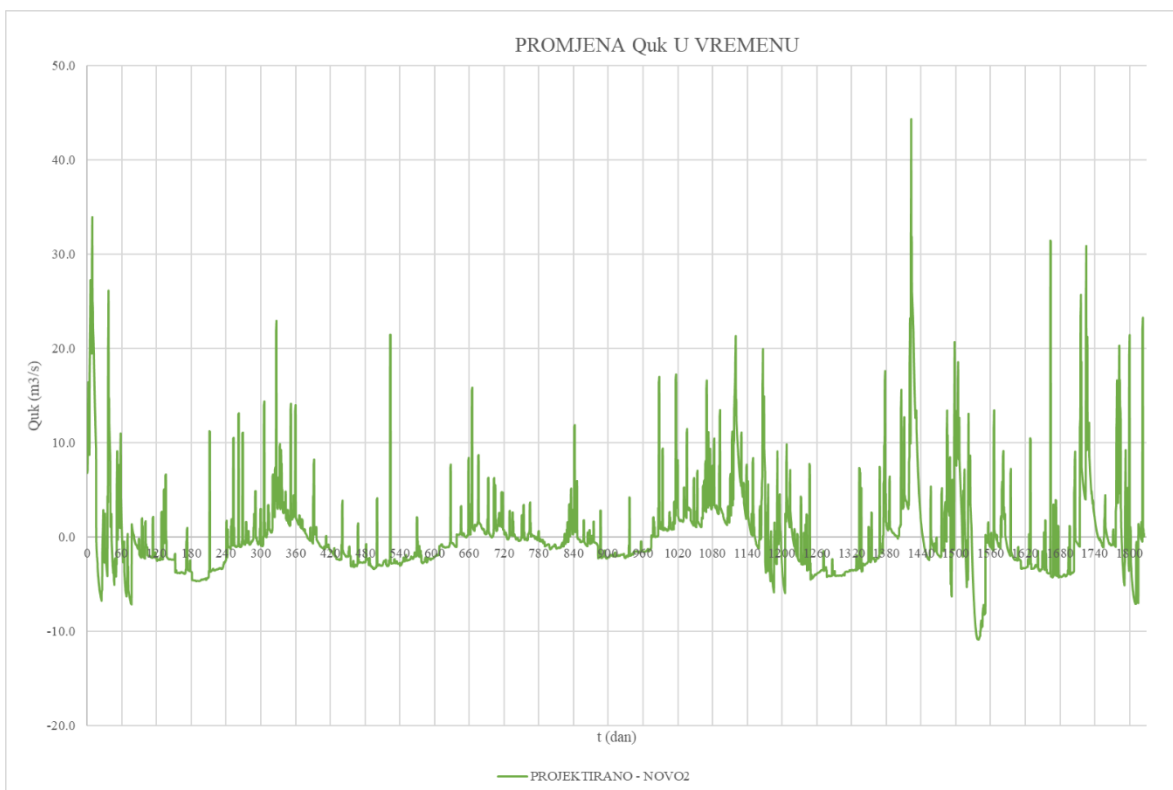
Graf 30. Promjena Q<sub>uk</sub> u vremenu za projektirano stanje – varijanta 2



Graf 31. Promjena Q<sub>uk</sub> u vremenu za projektirano stanje – varijanta 3

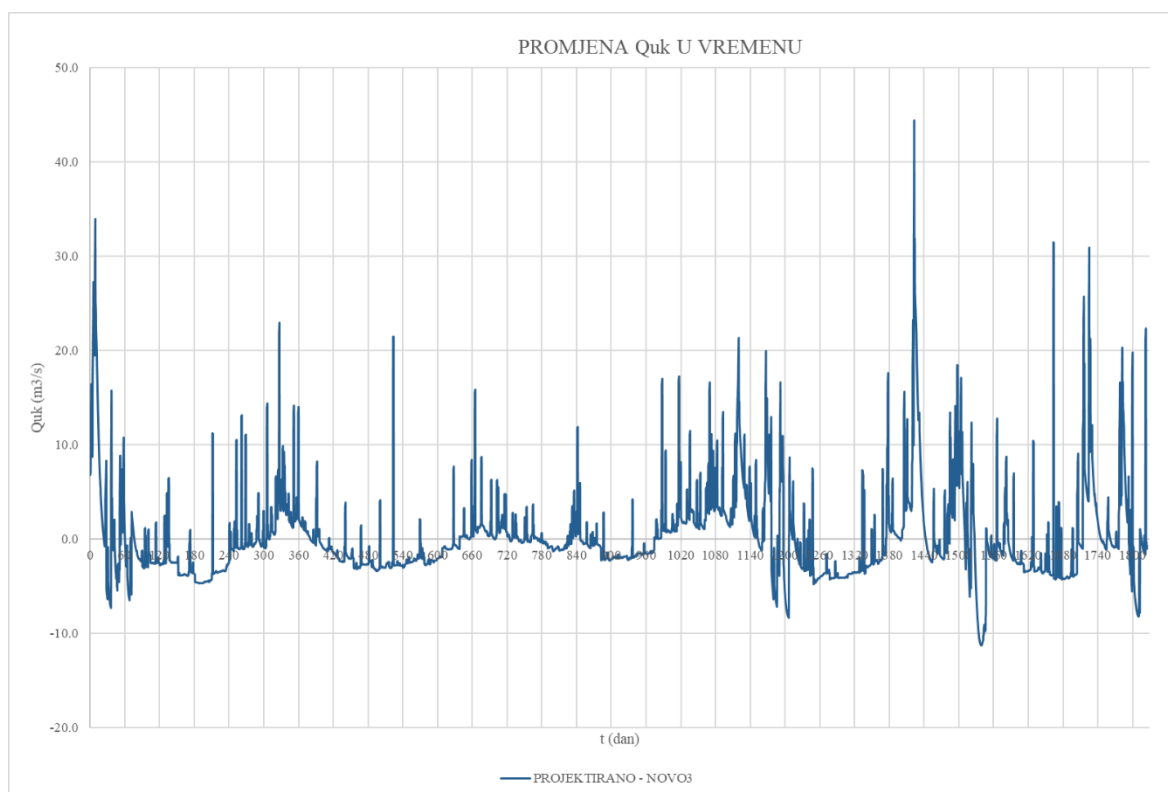


Graf 32. Promjena  $Q_{uk}$  u vremenu za novo projektirano stanje – varijanta 1



Graf 33. Promjena  $Q_{uk}$  u vremenu za novo projektirano stanje – varijanta 2

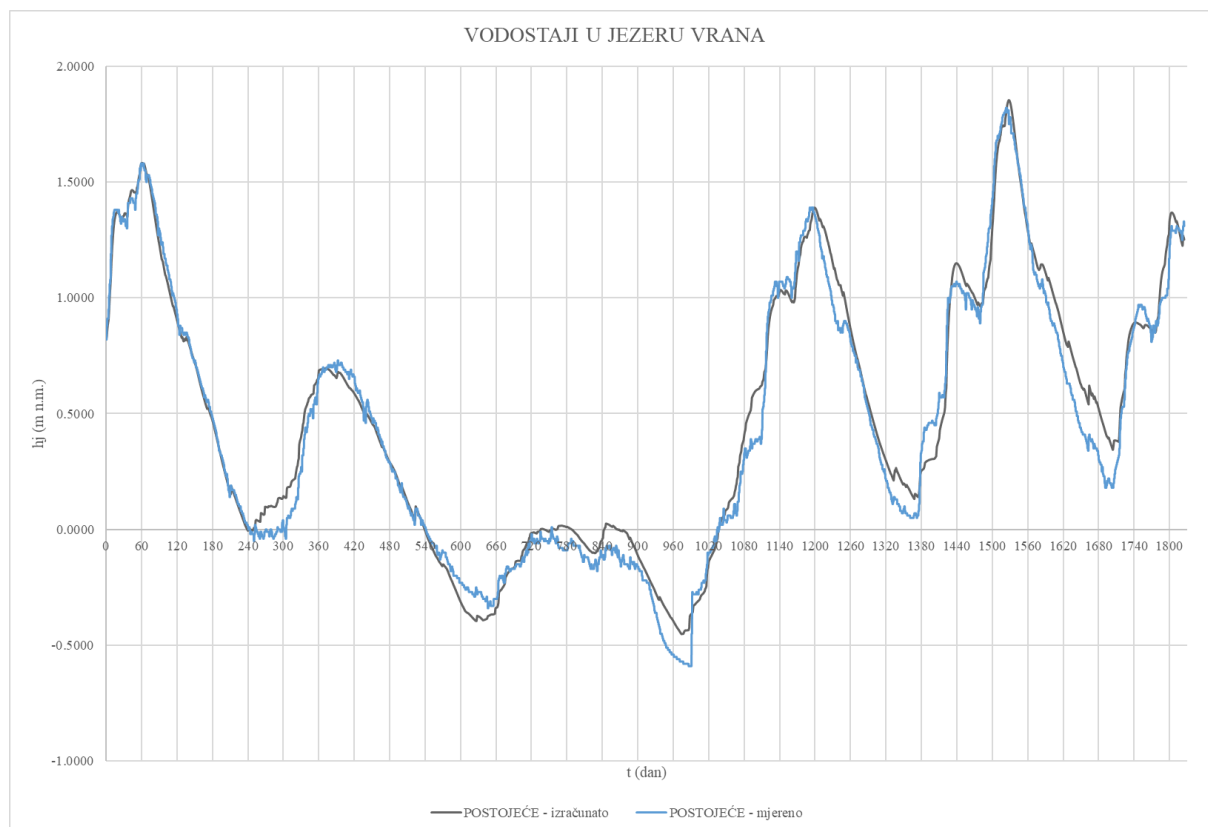




Graf 34. Promjena  $Q_{uk}$  u vremenu za novo projektirano stanje – varijanta 3

### 5.7. Ispitivanje točnosti modela

Model je kalibriran na podatke za 2010. i 2011. godinu, testiran na 2012. godini, a potom primjenjen na 2013. i 2014. godinu. Kalibracijom su utvrđeni parametri modela navedeni u tablicama 1., 3. i 4.. Na grafu 35. prikazana je usporedba izračunatih razina u jezeru ( $h_i$ ) dobivenih programskim rješenjem i mjerenih razina ( $h_m$ ).



Graf 35. Usporedba izračunatih i mjenjenih vodostaja za 2010. – 2014. godine

Točnost modela očituje se u veličini greške. Greška je u programskom rješenju definirana kao srednja vrijednost apsolutne razlike izračunatih i mjenjenih vrijednosti razina u jezeru. Veličina greške jednaka je 7.11 (cm) što je zadovoljavajuće i može se reći da model dobro opisuje stvarno stanje u jezeru.

## 6. PROGRAMSKO RJEŠENJE U FORTRANU 95

### 6.1. Postojeće stanje

```

!   USTAVAPOST.f90
PROGRAM VRANA
!   *****
! * PRORACUN FUNKCIONIRANJA VRANSKOG JEZERA. DAVOR BOJANIC 09. 07. 2019.
!   *****
!   QPOD1 - PODZEMNI PROTOK OD JEZERA MORA PREMA MORU NA POÈ. INTERVALA
!   QPOD2 - PODZEMNI PROTOK OD JEZERA PREMA MORU NA KRAJU INTERVALA
!
!   QKAN1 - PROTOK JEZERSKE VODE KROZ KANAL PROSIKA NA POÈ. INT.
!   QKAN2 - PROTOK JEZERSKE VODE KROZ KANAL PROSIKA NA KRAJU INT.
!
!
!   PT(I) - REDNI BROJ DANA S PADALINOM P(I)
!   P(t) - DNEVNE PADALINE U mm
!   PD(I) DNEVNA PADALINA (mm) ZA I-TI DAN
!   E(I) DNEVNO ISPARAVANJE (mm) ZA I-TI DAN PO m2
!   CD(I) - DNEVNI KOEFICIJENT OTJECANJA ZA I-TI DAN
!
!   QVOD(I) - POTROŠNJA VODE ZA VODOOPSKRBU I NAVODNJAVANJE (m3/s)
!   QVOD1 - POTROŠNJA VODE ZA VODOOPSKRBU I NAVODNJAVANJE NA POÈETKU INTERVALA
(m3/s)
!   QVOD2 - POTROŠNJA VODE ZA VODOOPSKRBU I NAVODNJAVANJE NA KRAJU INTERVALA (m3/s)
!   Q1 - DOTOK VODE OD PADALINA SA SLIVA IZ BAZENA 1 U JEZERO NA POÈ INT. (m3/s)
!   Q2 - DOTOK VODE OD PADALINA SA SLIVA IZ BAZENA 1 U JEZERO NA KRAJU INT. (m3/s)
!   QJEZ1 - DOTOK VODE OD PADALINA NA SAMO JEZERO NA POÈ. INTERVALA (m3/s)
!   QJEZ2 - DOTOK VODE OD PADALINA NA SAMO JEZERO NA KRAJU INTERVALA (m3/s)
!   QPOD1 - PROTOK PODZEMNOG PROCJEĐIVANJA IZ JEZERA U MORE NA POÈ. INT. (m3/s)
!   QPOD2 - PROTOK PODZEMNOG PROCJEĐIVANJA IZ JEZERA U MORE NA KRAJU INT. (m3/s)
!   Q01 - DOTOK U BAZEN 1 NA POÈETKU INTERVALA (m3/s)
!   Q02 - DOTOK U BAZEN 1 NA KRAJU INTERVALA (m3/s)
!
!   EVP(t) - EVAPORACIJA S POVRŠINE JEZERA (mm/mDAN)
!   EV1 - PROTOK ISPARAVANJA NA POÈ INTERVALA (m3/s)
!   EV2 - PROTOK ISPARAVANJA NA KRAJU INTERVALA (m3/s)
!   HM (t) - RAZINA MORA U FUNKCIJI VREMENA (m n.m.) (HTRS71)
!
!   HM1 - RAZINA MORA NA POÈ. INT. (m n.m.)
!   HM2 - RAZINA MORA NA KRAJU INT. (m n.m.)
!
!   HJ1 - RAZINA U JEZERU NA POÈ. INT. (m n.m.)
!   HJ2 - RAZINA U JEZERU NA KRAJU INT. (m n.m.)
!
!   NB1 - BROJ PODATAKA ZA POVRŠINU BAZENA 1 U FUNKCIJI NADOMORSKE VISINE
!   HB1 (I) - I-TA RAZINA BAZENA 1 (m.n.m.)
!   AB1 (I) - I-TA POVRŠINA BAZENA 1 (m2)
!   NPODZ - BROJ PODATAKA ZA ZADAVNJE KRIVULJE PROVODLJIVOSTI PODZEMNOG TEÈENJA
!   HPODZ (I) - I-TA RAZINA JEZERA
!   XKPODZ (I) - PROVODLJIVOST STIJENSKE MASE ZA RAZINU HPODZ (I)
!
!
!   AJ(hj) - POVRŠINE JEZERA U FUNKCIJI NADM. VISINE
!   AJ1 - POVRŠINA JEZERA NA POÈ. INT. (m n.m.)
!   AJ2 - POVRŠINA JEZERA NA KRAJU INT. (m n.m.)
!
!   ASLIVA - POVRŠINA SLIVA (m2)
!   CSLIVA(t) - KOEFICIJENT OTJECANJA SA SLIVA

```

! CS1 - KOEFICIJENT OTJECANJA SA SLIVA NA POÈ. INT.  
 ! CS2 - KOEFICIJENT OTJECANJA SA SLIVA NA KRAJU INTERVALA  
 !  
 ! CJ1 - KONCENTRACIJA SOLI U JEZERU NA POÈ. INTERVALA  
 ! CJ2 - KONCENTRACIJA SOLI U JEZERU NA KRAJU INTERVALA  
 !  
 ! XMASA1 - KOLIÈINA SOLI U JEZERU NA POÈ. INTERVALA (kg)  
 ! XMASA2 - KOLIÈINA SOLI U JEZERU NA KRAJU INTERVALA (kg)

! ITD - BROJ DANA  
 !  
 !

DIMENSION E(2000),HMT(2000),HM(2000),HJ(2000),P(2000)  
 DIMENSION HAJ(3),AJ(3),CD(2000),QVOD(2000)  
 DIMENSION HPODZ(20),XKPODZ(20), HB1(20), AB1(20)  
 DIMENSION PK1H(50), PK1Q(50), PK2H(50), PK2Q(50)  
 DIMENSION PK3H(50), PK3Q(50), PK4H(50), PK4Q(50)  
 DIMENSION PK5H(50), PK5Q(50), PK6H(50), PK6Q(50)  
 DIMENSION PK7H(50), PK7Q(50), PK8H(50), PK8Q(50)  
 DIMENSION PK9H(50), PK9Q(50), PK10H(50), PK10Q(50)  
 DIMENSION PK11H(50), PK11Q(50), PK12H(50), PK12Q(50)  
 DIMENSION PK13H(50), PK13Q(50), PK14H(50), PK14Q(50)  
 DIMENSION PK15H(50), PK15Q(50)  
 DIMENSION ID(2000), IM(2000), IG(2000), ITD(2000)  
 DIMENSION FF(3,3),F(3), HCB1(20), CB1(20)

FAKT=1.0

IPK1=5

IPK2=6

IPK3=7

IPK4=8

IPK5=9

IPK6=10

IPK7=11

IPK8=12

IPK9=13

IPK10=14

IPK11=15

IPK12=16

IPK13=17

IPK14=18

IPK15=19

IUL0=25

IUL1=20

IUL2=21

IZL=22

CALL

OPEN(IPK1,IPK2,IPK3,IPK4,IPK5,IPK6,IPK7,IPK8,IPK9,IPK10,IPK11,IPK12,IPK13,IPK14,IPK15,  
 IUL0,IUL1,IUL2,IZL)

HAI(1)=-0.501

AJ(1)=29340000.0

HAI(2)=0.469

AJ(2)=31120000.0

HAI(3)=1.899

AJ(3)=37240000.0

ASLIVA=485000000.0

NPOD=1826

```
DO I=1, NPOD
READ (IUL1,*) ID(I),IM(I),IG(I),ITD(I),P(I),E(I),QVOD(I),HJ(I),HM(I),CD(I)
END DO
```

```
READ(IPK1,*) N1
DO I=1,N1
READ(IPK1,*) PK1H(I), PK1Q(I)
END DO
```

```
READ(IPK2,*) N2
DO I=1,N2
READ(IPK2,*) PK2H(I), PK2Q(I)
END DO
```

```
READ(IPK3,*) N3
DO I=1,N3
READ(IPK3,*) PK3H(I), PK3Q(I)
END DO
```

```
READ(IPK4,*) N4
DO I=1,N4
READ(IPK4,*) PK4H(I), PK4Q(I)
END DO
```

```
READ(IPK5,*) N5
DO I=1,N5
READ(IPK5,*) PK5H(I), PK5Q(I)
END DO
```

```
READ(IPK6,*) N6
DO I=1,N6
READ(IPK6,*) PK6H(I), PK6Q(I)
END DO
```

```
READ(IPK7,*) N7
DO I=1,N7
READ(IPK7,*) PK7H(I), PK7Q(I)
END DO
```

```
READ(IPK8,*) N8
DO I=1,N8
READ(IPK8,*) PK8H(I), PK8Q(I)
END DO
```

```
READ(IPK9,*) N9
DO I=1,N9
READ(IPK9,*) PK9H(I), PK9Q(I)
END DO
```

```
READ(IPK10,*) N10
DO I=1,N10
READ(IPK10,*) PK10H(I), PK10Q(I)
END DO
```

```
READ(IPK11,*) N11
DO I=1,N11
READ(IPK11,*) PK11H(I), PK11Q(I)
END DO
```

```
READ(IPK12,*) N12
DO I=1,N12
READ(IPK12,*) PK12H(I), PK12Q(I)
END DO

READ(IPK13,*) N13
DO I=1,N13
READ(IPK13,*) PK13H(I), PK13Q(I)
END DO

READ(IPK14,*) N14
DO I=1,N14
READ(IPK14,*) PK14H(I), PK14Q(I)
END DO

READ(IPK15,*) N15
DO I=1,N15
READ(IPK15,*) PK15H(I), PK15Q(I)
END DO

READ (IUL2,*) NB1
DO I=1, NB1
READ(IUL2,*) HB1(I), AB1(I)
END DO

READ (IUL2,*) NPODZ
DO I=1, NPODZ
READ(IUL2,*) HPODZ(I), XKPODZ(I)
END DO

READ (IUL2,*) NCB1
DO I=1, NCB1
READ(IUL2,*) HCB1(I), CB1(I)
END DO

READ(IUL2,*) H1, HJ1, THETA, DT, NDT, NPIS

70 CONTINUE

TOC=0.00002

T1=0.0
T1D=T1/86400.0

GRESKA=0.0

H11=H1

DO 500 IVR=1,NDT
ITER=0
WRITE(*,801) IVR
801 FORMAT(' VREMENSKI KORAK JE ',I7)
T2=T1+DT
T2D=T2/86400.0
IT1D=IFIX(T1D)+1

Q01=ASLIVA*CD(IT1D)*P(IT1D)/(1000.*86400.)

IT2D=IFIX(T2D)+1
IF(IVR.EQ.NDT) IT2D=IFIX(T2D)
```

Q02=ASLIVA\*CD(IT2D)\*P(IT2D)/(1000.\*86400.)

! PRORACUN PODATAKA ZA BAZEN 1

HJ2P=HJ1  
H12P=H11  
200 CONTINUE  
ITER=ITER+1

! WRITE(\*,802) ITER  
802 FORMAT(' BROJ ITERACIJE ',I7)

A11=BH(NB1,HB1,AB1,H11)  
A12=BH(NB1,HB1,AB1,H12P)  
CB11=BH(NCB1,HCB1,CB1,H11)  
CB12=BH(NCB1,HCB1,CB1,H12P)  
IF(H11.GT.HJ1) Q11=CB11\*SQRT(H11-HJ1)  
IF(H11.LE.HJ1) Q11=CB11\*SQRT(HJ1-H11)  
IF(H12P.GT.HJ2P) Q12=CB12\*SQRT(H12P-HJ2P)  
IF(H12P.LE.HJ2P) Q12=CB12\*SQRT(HJ2P-H12P)

! PRORACUN PODATAKA ZA JEZERO

AJ1=BH(3,HAJ,AJ,HJ1)  
QJEZ1=AJ1\*P(IT1D)/(1000.\*86400.)  
AJ2=BH(3,HAJ,AJ,HJ2P)  
QJEZ2=AJ2\*P(IT2D)/(1000.\*86400.)  
EV1=AJ1\*E(IT1D)/(1000.\*86400.)  
EV2=AJ2\*E(IT2D)/(1000.\*86400.)  
QVOD1=QVOD(IT1D)  
QVOD2=QVOD(IT2D)

HM1=HM(IT1D)  
DH1=ABS(HJ1-HM1)  
XK1=BH(NPODZ,HPODZ,XKPODZ,DH1)  
IF(HJ1.GE.HM1) ZNAK1=1.0  
IF(HJ1.LT.HM1) ZNAK1=-1.0  
QPOD1=XK1\*SQRT(DH1)\*ZNAK1  
HM2=HM(IT2D)  
DH2=ABS(HJ2P-HM2)  
IF(HJ2.GE.HM2) ZNAK2=1.0  
IF(HJ2.LT.HM2) ZNAK2=-1.0  
XK2=BH(NPODZ,HPODZ,XKPODZ,DH2)  
QPOD2=XK2\*SQRT(DH2)\*ZNAK2

IF(HM1.LE.-0.50) GO TO 10  
IF(HM1.GT.-0.50.AND.HM1.LE.-0.40) GO TO 11  
IF(HM1.GT.-0.40.AND.HM1.LE.-0.30) GO TO 12  
IF(HM1.GT.-0.30.AND.HM1.LE.-0.20) GO TO 13  
IF(HM1.GT.-0.20.AND.HM1.LE.-0.10) GO TO 14  
IF(HM1.GT.-0.10.AND.HM1.LE.0.00) GO TO 15  
IF(HM1.GT.0.00.AND.HM1.LE.0.10) GO TO 16  
IF(HM1.GT.0.10.AND.HM1.LE.0.20) GO TO 17  
IF(HM1.GT.0.20.AND.HM1.LE.0.30) GO TO 18  
IF(HM1.GT.0.30.AND.HM1.LE.0.40) GO TO 19  
IF(HM1.GT.0.40.AND.HM1.LE.0.50) GO TO 20  
IF(HM1.GT.0.50.AND.HM1.LE.0.60) GO TO 21

IF(HM1.GT.0.60.AND.HM1.LE.0.70) GO TO 22  
IF(HM1.GT.0.70) GO TO 23

10 QKAN11=BH(N1,PK1H,PK1Q,HJ1)  
QKAN12=BH(N2,PK2H,PK2Q,HJ1)  
QKAN1=QKAN11+(QKAN12-QKAN11)/0.1\*(HM1+0.6)  
GO TO 30

11 QKAN11=BH(N2,PK2H,PK2Q,HJ1)  
QKAN12=BH(N3,PK3H,PK3Q,HJ1)  
QKAN1=QKAN11+(QKAN12-QKAN11)/0.1\*(HM1+0.5)  
GO TO 30

12 QKAN11=BH(N3,PK3H,PK3Q,HJ1)  
QKAN12=BH(N4,PK4H,PK4Q,HJ1)  
QKAN1=QKAN11+(QKAN12-QKAN11)/0.1\*(HM1+0.4)  
GO TO 30

13 QKAN11=BH(N4,PK4H,PK4Q,HJ1)  
QKAN12=BH(N5,PK5H,PK5Q,HJ1)  
QKAN1=QKAN11+(QKAN12-QKAN11)/0.1\*(HM1+0.3)  
GO TO 30

14 QKAN11=BH(N5,PK5H,PK5Q,HJ1)  
QKAN12=BH(N6,PK6H,PK6Q,HJ1)  
QKAN1=QKAN11+(QKAN12-QKAN11)/0.1\*(HM1+0.2)  
GO TO 30

15 QKAN11=BH(N6,PK6H,PK6Q,HJ1)  
QKAN12=BH(N7,PK7H,PK7Q,HJ1)  
QKAN1=QKAN11+(QKAN12-QKAN11)/0.1\*(HM1+0.1)  
GO TO 30

16 QKAN11=BH(N7,PK7H,PK7Q,HJ1)  
QKAN12=BH(N8,PK8H,PK8Q,HJ1)  
QKAN1=QKAN11+(QKAN12-QKAN11)/0.1\*HM1  
GO TO 30

17 QKAN11=BH(N8,PK8H,PK8Q,HJ1)  
QKAN12=BH(N9,PK9H,PK9Q,HJ1)  
QKAN1=QKAN11+(QKAN12-QKAN11)/0.1\*(HM1-0.1)  
GO TO 30

18 QKAN11=BH(N9,PK9H,PK9Q,HJ1)  
QKAN12=BH(N10,PK10H,PK10Q,HJ1)  
QKAN1=QKAN11+(QKAN12-QKAN11)/0.1\*(HM1-0.2)  
GO TO 30

19 QKAN11=BH(N10,PK10H,PK10Q,HJ1)  
QKAN12=BH(N11,PK11H,PK11Q,HJ1)  
QKAN1=QKAN11+(QKAN12-QKAN11)/0.1\*(HM1-0.3)  
GO TO 30

20 QKAN11=BH(N11,PK11H,PK11Q,HJ1)  
QKAN12=BH(N12,PK12H,PK12Q,HJ1)  
QKAN1=QKAN11+(QKAN12-QKAN11)/0.1\*(HM1-0.4)  
GO TO 30

21 QKAN11=BH(N12,PK12H,PK12Q,HJ1)  
QKAN12=BH(N13,PK13H,PK13Q,HJ1)  
QKAN1=QKAN11+(QKAN12-QKAN11)/0.1\*(HM1-0.5)  
GO TO 30



```

22  QKAN11=BH(N13,PK13H,PK13Q,HJ1)
    QKAN12=BH(N14,PK14H,PK14Q,HJ1)
    QKAN1=QKAN11+(QKAN12-QKAN11)/0.1*(HM1-0.6)
    GO TO 30

23  QKAN11=BH(N814,PK14H,PK14Q,HJ1)
    QKAN12=BH(N15,PK15H,PK15Q,HJ1)
    QKAN1=QKAN11+(QKAN12-QKAN11)/0.1*(HM1-0.7)
    GO TO 30

30  CONTINUE

    IF(HM2.LE.-0.50) GO TO 40
    IF(HM2.GT.-0.50.AND.HM2.LE.-0.40) GO TO 41
    IF(HM2.GT.-0.40.AND.HM2.LE.-0.30) GO TO 42
    IF(HM2.GT.-0.30.AND.HM2.LE.-0.20) GO TO 43
    IF(HM2.GT.-0.20.AND.HM2.LE.-0.10) GO TO 44
    IF(HM2.GT.-0.10.AND.HM2.LE.0.00) GO TO 45
    IF(HM2.GT.0.00.AND.HM2.LE.0.10) GO TO 46
    IF(HM2.GT.0.10.AND.HM2.LE.0.20) GO TO 47
    IF(HM2.GT.0.20.AND.HM2.LE.0.30) GO TO 48
    IF(HM2.GT.0.30.AND.HM2.LE.0.40) GO TO 49
    IF(HM2.GT.0.40.AND.HM2.LE.0.50) GO TO 50
    IF(HM2.GT.0.50.AND.HM2.LE.0.60) GO TO 51
    IF(HM2.GT.0.60.AND.HM2.LE.0.70) GO TO 52
    IF(HM2.GT.0.70) GO TO 53

40  QKAN21=BH(N1,PK1H,PK1Q,HJ2P)
    QKAN22=BH(N2,PK2H,PK2Q,HJ2P)
    QKAN2=QKAN21+(QKAN22-QKAN21)/0.1*(HM2+0.6)
    GO TO 60

41  QKAN21=BH(N2,PK2H,PK2Q,HJ2P)
    QKAN22=BH(N3,PK3H,PK3Q,HJ2P)
    QKAN2=QKAN21+(QKAN22-QKAN21)/0.1*(HM2+0.5)
    GO TO 60

42  QKAN21=BH(N3,PK3H,PK3Q,HJ1)
    QKAN22=BH(N4,PK4H,PK4Q,HJ1)
    QKAN2=QKAN21+(QKAN22-QKAN21)/0.1*(HM2+0.4)
    GO TO 60

43  QKAN21=BH(N4,PK4H,PK4Q,HJ1)
    QKAN22=BH(N5,PK5H,PK5Q,HJ1)
    QKAN2=QKAN21+(QKAN22-QKAN21)/0.1*(HM2+0.3)
    GO TO 60

44  QKAN21=BH(N5,PK5H,PK5Q,HJ1)
    QKAN22=BH(N6,PK6H,PK6Q,HJ1)
    QKAN2=QKAN21+(QKAN22-QKAN21)/0.1*(HM2+0.2)
    GO TO 60

45  QKAN21=BH(N6,PK6H,PK6Q,HJ1)
    QKAN22=BH(N7,PK7H,PK7Q,HJ1)
    QKAN2=QKAN21+(QKAN22-QKAN21)/0.1*(HM2+0.1)
    GO TO 60

46  QKAN21=BH(N7,PK7H,PK7Q,HJ1)
    QKAN22=BH(N8,PK8H,PK8Q,HJ1)
    QKAN2=QKAN21+(QKAN22-QKAN21)/0.1*HM2

```

```

GO TO 60

47  QKAN21=BH(N8,PK8H,PK8Q,HJ1)
    QKAN22=BH(N9,PK9H,PK9Q,HJ1)
    QKAN2=QKAN21+(QKAN22-QKAN21)/0.1*(HM2-0.1)
    GO TO 60

48  QKAN21=BH(N9,PK9H,PK9Q,HJ1)
    QKAN22=BH(N10,PK10H,PK10Q,HJ1)
    QKAN2=QKAN21+(QKAN22-QKAN21)/0.1*(HM2-0.2)
    GO TO 60

49  QKAN21=BH(N10,PK10H,PK10Q,HJ1)
    QKAN22=BH(N11,PK11H,PK11Q,HJ1)
    QKAN2=QKAN21+(QKAN22-QKAN21)/0.1*(HM2-0.3)
    GO TO 60

50  QKAN21=BH(N11,PK11H,PK11Q,HJ1)
    QKAN22=BH(N12,PK12H,PK12Q,HJ1)
    QKAN2=QKAN21+(QKAN22-QKAN21)/0.1*(HM2-0.4)
    GO TO 60

51  QKAN21=BH(N12,PK12H,PK12Q,HJ1)
    QKAN22=BH(N13,PK13H,PK13Q,HJ1)
    QKAN2=QKAN21+(QKAN22-QKAN21)/0.1*(HM2-0.5)
    GO TO 60

52  QKAN21=BH(N13,PK13H,PK13Q,HJ1)
    QKAN22=BH(N14,PK14H,PK14Q,HJ1)
    QKAN2=QKAN21+(QKAN22-QKAN21)/0.1*(HM2-0.6)
    GO TO 60

53  QKAN21=BH(N814,PK14H,PK14Q,HJ1)
    QKAN22=BH(N15,PK15H,PK15Q,HJ1)
    QKAN2=QKAN21+(QKAN22-QKAN21)/0.1*(HM2-0.7)
    GO TO 60

60  CONTINUE

F(1)=H12P-H11-(Q01-Q11)/A11*(1-THETA)*DT-(Q02-Q12)/A12*THETA*DT
FF(1,1)=1.0
FF(1,2)=THETA*DT/A12
FF(1,3)=0.0

IF(H12P.GE.HJ2P) THEN
F(2)=Q12-CB12*SQRT(H12P-HJ2P)
FF(2,1)=-CB12/(2.*SQRT(H12P-HJ2P))
FF(2,2)=1.0
FF(2,3)=CB12/(2.*SQRT(H12P-HJ2P))
END IF
IF(H12P.LT.HJ2P) THEN
F(2)=Q12-CB12*SQRT(HJ2P-H12P)
FF(2,1)=CB12/(2.*SQRT(HJ2P-H12P))
FF(2,2)=1.0
FF(2,3)=-CB12/(2.*SQRT(HJ2P-H12P))
END IF

F(3)=HJ2P-HJ1-(Q11+QJEZ1-EV1-QVOD1-QPOD1-QKAN1)/AJ1*(1-THETA)*DT-(Q12+QJEZ2-EV2-
QVOD2-QPOD2-QKAN2)/AJ2*THETA*DT
FF(3,1)=0.0
FF(3,2)=-THETA*DT/AJ2
FF(3,3)=1.0

```

```

F(1)=-F(1)
F(2)=-F(2)
F(3)=-F(3)

CALL SOLVER(FF,F,3)

H12I=H12P+FAKT*F(1)
Q12=Q12+FAKT*F(2)
HJ2I=HJ2P+FAKT*F(3)

H12P=H12I
HJ2P=HJ2I

DO I=1,3
IF(ABS(F(I)).GT.TOC) GO TO 200
END DO

H12=H12I
H11=H12
HJ2=HJ2I
GRESKA=GRESKA+ABS(HJ2-HJ(IT2D))

HJM1=HJ(IT1D)
HJM2=HJ(IT2D)

IF(IVR.EQ.1) THEN
WRITE(IZL,300) T1,T1D,H11,Q11,HJ1,HJM1,QJEZ1,EV1,QVOD1,QPOD1,QKAN1,HM1
END IF
IX=IVR/NPIS
X=FLOAT(IVR)/FLOAT(NPIS)
RIX=FLOAT(IX)
IF(X.EQ.RIX) THEN
WRITE(IZL,300) T2,T2D,H12,Q12,HJ2,HJM2,QJEZ2,EV2,QVOD2,QPOD2,QKAN2,HM2
END IF
300  FORMAT (F15.2,F12.6,10F12.4)

T1=T2
HJ1=HJ2
T1D=T2D

500  CONTINUE

GRESKA=GRESKA/FLOAT(NDT)
WRITE(*,501) GRESKA
501  FORMAT( 'Prosjecna greska iznosi',F10.5)
WRITE(*,502)
502  FORMAT(' UPISI 1 ZA KRAJ')
READ(*,*) IBROJ

WRITE(IZL,501) GRESKA

STOP
END

FUNCTION BH(N,X,Y,XX)
DIMENSION X(N),Y(N)
NI=1
DO 1 I=1,N-1

```

```

      IF(X(I)-XX) 2,4,3
2     NI=I
1     CONTINUE
3     BH=Y(NI)+(Y(NI+1)-Y(NI))*(XX-X(NI))/(X(NI+1)-X(NI))
      RETURN
4     BH=Y(I)
      RETURN
      END
!
      SUBROUTINE
OPEN(IPK1,IPK2,IPK3,IPK4,IPK5,IPK6,IPK7,IPK8,IPK9,IPK10,IPK11,IPK12,IPK13,IPK14,IPK15,
IUL0,IUL1,IUL2,IZL)
      CHARACTER*40 IME

!     IPK1 JE BROJ DATOTEKE S KRIVULJOM PROTOKA ZA POSTOJEĆE STANJE ZA HM=-0,6 m.n.m.
!     IUL1 JE BROJ DATOTEKE S GLAVNIM ULAZNIM PODACIMA
!     IUL2 JE BROJ ULAZNE DATOTEKE S POVRŠINAMA BAZENA 1 I FUNKCIJOM PROVODLJIVOSTI
PODZEMNOG OTJECANJA
!     IZL JE BROJ IZLAZNE DATOTEKE
!

      IPK1=5
      IPK2=6
      IPK3=7
      IPK4=8
      IPK5=9
      IPK6=10
      IPK7=11
      IPK8=12
      IPK9=13
      IPK10=14
      IPK11=15
      IPK12=16
      IPK13=17
      IPK14=18
      IPK15=19

      WRITE(*,5)
5     FORMAT(' UPISI IME DATOTEKE S IMENIMA DATOTEKA:')
      READ(*,'(A)') IME
      OPEN(UNIT=IUL0,FILE=IME,STATUS='OLD')

      READ(IUL0,'(A)') IME
      OPEN(UNIT=IUL1,FILE=IME,STATUS='OLD')
      WRITE(*,6) IME
6     FORMAT(' IME DATOTEKE S PODACIMA O RAZINI MORA I JEZERA JE:',A40)

      READ(IUL0,'(A)') IME
      OPEN(UNIT=IUL2,FILE=IME,STATUS='OLD')
      WRITE(*,7) IME
7     FORMAT(' IME DATOTEKE S PODACIMA S POVRŠINAMA BAZENA 1 I FUN. PROVODLJIVOSTI
PODZEMNOG OTJECANJA:',A40)

      READ(IUL0,'(A)') IME
      OPEN(UNIT=IZL,FILE=IME,STATUS='REPLACE')
      WRITE(*,8) IME
8     FORMAT(' IME IZLAZNE DATOTEKE:',A40)

      OPEN(UNIT=IPK1,FILE='PK1.DAT',STATUS='OLD')
      OPEN(UNIT=IPK2,FILE='PK2.DAT',STATUS='OLD')
      OPEN(UNIT=IPK3,FILE='PK3.DAT',STATUS='OLD')
      OPEN(UNIT=IPK4,FILE='PK4.DAT',STATUS='OLD')

```

```
OPEN(UNIT=IPK5, FILE=' PK5.DAT ', STATUS=' OLD' )
OPEN(UNIT=IPK6, FILE=' PK6.DAT ', STATUS=' OLD' )
OPEN(UNIT=IPK7, FILE=' PK7.DAT ', STATUS=' OLD' )
OPEN(UNIT=IPK8, FILE=' PK8.DAT ', STATUS=' OLD' )
OPEN(UNIT=IPK9, FILE=' PK9.DAT ', STATUS=' OLD' )
OPEN(UNIT=IPK10, FILE=' PK10.DAT ', STATUS=' OLD' )
OPEN(UNIT=IPK11, FILE=' PK11.DAT ', STATUS=' OLD' )
OPEN(UNIT=IPK12, FILE=' PK12.DAT ', STATUS=' OLD' )
OPEN(UNIT=IPK13, FILE=' PK13.DAT ', STATUS=' OLD' )
OPEN(UNIT=IPK14, FILE=' PK14.DAT ', STATUS=' OLD' )
OPEN(UNIT=IPK15, FILE=' PK15.DAT ', STATUS=' OLD' )

RETURN
END

SUBROUTINE SOLVER(A,B,N)
DIMENSION A(N,N),B(N),X(30)
N1=N-1
DO 3 K=1,N
I1=K+1
DO 2 I=I1,N
FAK=-A(I,K)/A(K,K)
DO 1 J=K,N
1 A(I,J)=A(I,J)+FAK*A(K,J)
2 B(I)=B(I)+B(K)*FAK
3 CONTINUE
X(N)=B(N)/A(N,N)
DO 4 K=1,N1
I=N-K
S=0.
DO 5 L=1,K
J=I+L
5 S=S+A(I,J)*X(J)
4 X(I)=(B(I)-S)/A(I,I)
DO 6 I=1,N
B(I)=X(I)
6 CONTINUE
RETURN
END
```

## 6.2. Projektirano stanje

```

!   USTNOVO.f90
!   PROGRAM VRANA
!   *****
! * PRORACUN FUNKCIONIRANJA VRANSKOG JEZERA. DAVOR BOJANIC 09. 07. 2019.
!   *****
!   QPOD1 - PODZEMNI PROTOK OD JEZERA MORA PREMA MORU NA POÈ. INTERVALA
!   QPOD2 - PODZEMNI PROTOK OD JEZERA PREMA MORU NA KRAJU INTERVALA
!
!   QKAN1 - PROTOK JEZERSKE VODE KROZ KANAL PROSIKA NA POÈ. INT.
!   QKAN2 - PROTOK JEZERSKE VODE KROZ KANAL PROSIKA NA KRAJU INT.
!
!
!   PT(I) - REDNI BROJ DANA S PADALINOM P(I)
!   P(t) - DNEVNE PADALINE U mm
!   PD(I) DNEVNA PADALINA (mm) ZA I-TI DAN
!   E(I) DNEVNO ISPARAVANJE (mm) ZA I-TI DAN PO m2
!   CD(I) - DNEVNI KOEFICIJENT OTJECANJA ZA I-TI DAN
!
!
!   QVOD(I) - POTROŠNJA VODE ZA VODOOPSKRBU I NAVODNJAVANJE (m3/s)
!   QVOD1 - POTROŠNJA VODE ZA VODOOPSKRBU I NAVODNJAVANJE NA POÈETKU INTERVALA (m3/s)
!   QVOD2 - POTROŠNJA VODE ZA VODOOPSKRBU I NAVODNJAVANJE NA KRAJU INTERVALA (m3/s)
!   Q1 - DOTOK VODE OD PADALINA SA SLIVA IZ BAZENA 1 U JEZERO NA POÈ INT. (m3/s)
!   Q2 - DOTOK VODE OD PADALINA SA SLIVA IZ BAZENA 1 U JEZERO NA KRAJU INT. (m3/s)
!   QJEZ1 - DOTOK VODE OD PADALINA NA SAMO JEZERO NA POÈ. INTERVALA (m3/s)
!   QJEZ2 - DOTOK VODE OD PADALINA NA SAMO JEZERO NA KRAJU INTERVALA (m3/s)
!   QPOD1 - PROTOK PODZEMNOG PROCJEĐIVANJA IZ JEZERA U MORE NA POÈ. INT. (m3/s)
!   QPOD2 - PROTOK PODZEMNOG PROCJEĐIVANJA IZ JEZERA U MORE NA KRAJU INT. (m3/s)
!   Q01 - DOTOK U BAZEN 1 NA POÈETKU INTERVALA (m3/s)
!   Q02 - DOTOK U BAZEN 1 NA KRAJU INTERVALA (m3/s)
!
!
!   EVP(t) - EVAPORACIJA S POVRŠINE JEZERA (mm/mDAN)
!   EV1 - PROTOK ISPARAVANJA NA POÈ INTERVALA (m3/s)
!   EV2 - PROTOK ISPARAVANJA NA KRAJU INTERVALA (m3/s)
!   HM (t) - RAZINA MORA U FUNKCIJI VREMENA (m n.m.) (HTRS71)
!
!
!   HM1 - RAZINA MORA NA POÈ. INT. (m n.m.)
!   HM2 - RAZINA MORA NA KRAJU INT. (m n.m.)
!
!
!   HJ1 - RAZINA U JEZERU NA POÈ. INT. (m n.m.)

```

! HJ2 - RAZINA U JEZERU NA KRAJU INT. (m n.m.)  
! NB1 - BROJ PODATAKA ZA POVRŠINU BAZENA 1 U FUNKCIJI NADOMORSKE VISINE  
! HB1 (I) - I-TA RAZINA BAZENA 1 (m.n.m.)  
! AB1 (I) - I-TA POVRŠINA BAZENA 1 (m2)  
! NPODZ - BROJ PODATAKA ZA ZADAVNJE KRIVULJE PROVODLJIVOSTI PODZEMNOG TEÈENJA  
! HPODZ (I) - I-TA RAZINA JEZERA  
! XKPODZ (I) - PROVODLJIVOST STIJENSKE MASE ZA RAZINU HPODZ (I)  
!  
! AJ(hj) - POVRŠINE JEZERA U FUNKCIJI NADM. VISINE  
! AJ1 - POVRŠINA JEZERA NA POÈ. INT. (m n.m.)  
! AJ2 - POVRŠINA JEZERA NA KRAJU INT. (m n.m.)  
!  
! ASLIVA - POVRŠINA SLIVA (m2)  
! CSLIVA(t) - KOEFICIJENT OTJECANJA SA SLIVA  
! CS1 - KOEFICIJENT OTJECANJA SA SLIVA NA POÈ. INT.  
! CS2 - KOEFICIJENT OTJECANJA SA SLIVA NA KRAJU INTERVALA  
!  
! CJ1 - KONCENTRACIJA SOLI U JEZERU NA POÈ. INTERVALA  
! CJ2 - KONCENTRACIJA SOLI U JEZERU NA KRAJU INTERVALA  
!  
! XMASA1 - KOLIÈINA SOLI U JEZERU NA POÈ. INTERVALA (kg)  
! XMASA2 - KOLIÈINA SOLI U JEZERU NA KRAJU INTERVALA (kg)  
!  
! ITD - BROJ DANA  
! IZAP=1 ZNAÈI DA JE ZAPORNICA SPUŠTENA (RADI PRELJEV)  
! IZAP=2 ZNAÈI DA JE ZAPORNICA DIGNUTA  
! ZG - RAZINA U JEZERU IZNAD KOJE SE ZAPORNICA DIŽE  
! ZD - RAZINA U JEZERU ISPOD KOJE SE ZAPORNICA SPUŠTA  
!  
! DIMENSION E(2000),HMT(2000),HM(2000),HJ(2000),P(2000)  
! DIMENSION HAJ(3),AJ(3),CD(2000),QVOD(2000)  
! DIMENSION HPODZ(20),XKPODZ(20), HB1(20), AB1(20)  
! DIMENSION ZK1H(50), ZK1Q(50), ZK2H(50), ZK2Q(50)  
! DIMENSION ZK3H(50), ZK3Q(50), ZK4H(50), ZK4Q(50)  
! DIMENSION ZK5H(50), ZK5Q(50), ZK6H(50), ZK6Q(50)  
! DIMENSION ZK7H(50), ZK7Q(50), ZK8H(50), ZK8Q(50)  
! DIMENSION ZK9H(50), ZK9Q(50), ZK10H(50), ZK10Q(50)  
! DIMENSION ZK11H(50), ZK11Q(50), ZK12H(50), ZK12Q(50)  
! DIMENSION ZK13H(50), ZK13Q(50), ZK14H(50), ZK14Q(50)

DIMENSION ZK15H(50), ZK15Q(50)

DIMENSION BK1H(50), BK1Q(50), BK2H(50), BK2Q(50)

DIMENSION BK3H(50), BK3Q(50), BK4H(50), BK4Q(50)

DIMENSION BK5H(50), BK5Q(50), BK6H(50), BK6Q(50)

DIMENSION BK7H(50), BK7Q(50), BK8H(50), BK8Q(50)

DIMENSION BK9H(50), BK9Q(50), BK10H(50), BK10Q(50)

DIMENSION BK11H(50), BK11Q(50), BK12H(50), BK12Q(50)

DIMENSION BK13H(50), BK13Q(50), BK14H(50), BK14Q(50)

DIMENSION BK15H(50), BK15Q(50)

DIMENSION ID(2000), IM(2000), IG(2000), ITD(2000)

DIMENSION FF(3,3),F(3), HCB1(20), CB1(20)

FAKT=1.0

IZK1=5

IZK2=6

IZK3=7

IZK4=8

IZK5=9

IZK6=10

IZK7=11

IZK8=12

IZK9=13

IZK10=14

IZK11=15

IZK12=16

IZK13=17

IZK14=18

IZK15=19

IBK1=35

IBK2=36

IBK3=37

IBK4=38

IBK5=39

IBK6=40

IBK7=41

IBK8=42

IBK9=43

IBK10=44



```
IBK11=45
IBK12=46
IBK13=47
IBK14=48
IBK15=49
```

```
IUL0=25
IUL1=20
IUL2=21
IZL=22
```

```
CALL OPEN(IUL0,IUL1,IUL2,IZL)
```

```
HAI(1)=-0.501
AJ(1)=29340000.0
HAI(2)=0.469
AJ(2)=31120000.0
HAI(3)=1.899
AJ(3)=37240000.0
```

```
ASLIVA=48500000.0
```

```
NPOD=1096
```

```
DO I=1, NPOD
  READ (IUL1,*) ID(I),IM(I),IG(I),ITD(I),P(I),E(I),QVOD(I),HJ(I),HM(I),CD(I)
END DO
```

```
READ(IZK1,*) NZ1
DO I=1,NZ1
  READ(IZK1,*) ZK1H(I), ZK1Q(I)
END DO
```

```
READ(IZK2,*) NZ2
DO I=1,NZ2
  READ(IZK2,*) ZK2H(I), ZK2Q(I)
END DO
```

```
READ(IZK3,*) NZ3
```

```
DO I=1,NZ3
READ(IZK3,*) ZK3H(I), ZK3Q(I)
END DO

READ(IZK4,*) NZ4
DO I=1,NZ4
READ(IZK4,*) ZK4H(I), ZK4Q(I)
END DO

READ(IZK5,*) NZ5
DO I=1,NZ5
READ(IZK5,*) ZK5H(I), ZK5Q(I)
END DO

READ(IZK6,*) NZ6
DO I=1,NZ6
READ(IZK6,*) ZK6H(I), ZK6Q(I)
END DO

READ(IZK7,*) NZ7
DO I=1,NZ7
READ(IZK7,*) ZK7H(I), ZK7Q(I)
END DO

READ(IZK8,*) NZ8
DO I=1,NZ8
READ(IZK8,*) ZK8H(I), ZK8Q(I)
END DO

READ(IZK9,*) NZ9
DO I=1,NZ9
READ(IZK9,*) ZK9H(I), ZK9Q(I)
END DO

READ(IZK10,*) NZ10
DO I=1,NZ10
READ(IZK10,*) ZK10H(I), ZK10Q(I)
END DO

READ(IZK11,*) NZ11
DO I=1,NZ11
READ(IZK11,*) ZK11H(I), ZK11Q(I)
```

END DO

READ(IZK12,\*) NZ12

DO I=1,NZ12

READ(IZK12,\*) ZK12H(I), ZK12Q(I)

END DO

READ(IZK13,\*) NZ13

DO I=1,NZ13

READ(IZK13,\*) ZK13H(I), ZK13Q(I)

END DO

READ(IZK14,\*) NZ14

DO I=1,NZ14

READ(IZK14,\*) ZK14H(I), ZK14Q(I)

END DO

READ(IZK15,\*) NZ15

DO I=1,NZ15

READ(IZK15,\*) ZK15H(I), ZK15Q(I)

END DO

READ(IBK1,\*) NBK1

DO I=1,NBK1

READ(IBK1,\*) BK1H(I), BK1Q(I)

END DO

READ(IBK2,\*) NBK2

DO I=1,NBK2

READ(IBK2,\*) BK2H(I), BK2Q(I)

END DO

READ(IBK3,\*) NBK3

DO I=1,NBK3

READ(IBK3,\*) BK3H(I), BK3Q(I)

END DO

READ(IBK4,\*) NBK4

DO I=1,NBK4

READ(IBK4,\*) BK4H(I), BK4Q(I)

END DO

```
READ(IBK5,*) NBK5
DO I=1,NBK5
READ(IBK5,*) BK5H(I), BK5Q(I)
END DO
```

```
READ(IBK6,*) NBK6
DO I=1,NBK6
READ(IBK6,*) BK6H(I), BK6Q(I)
END DO
```

```
READ(IBK7,*) NBK7
DO I=1,NBK7
READ(IBK7,*) BK7H(I), BK7Q(I)
END DO
```

```
READ(IBK8,*) NBK8
DO I=1,NBK8
READ(IBK8,*) BK8H(I), BK8Q(I)
END DO
```

```
READ(IBK9,*) NBK9
DO I=1,NBK9
READ(IBK9,*) BK9H(I), BK9Q(I)
END DO
```

```
READ(IBK10,*) NBK10
DO I=1,NBK10
READ(IBK10,*) BK10H(I), BK10Q(I)
END DO
```

```
READ(IBK11,*) NBK11
DO I=1,NBK11
READ(IBK11,*) BK11H(I), BK11Q(I)
END DO
```

```
READ(IBK12,*) NBK12
DO I=1,NBK12
READ(IBK12,*) BK12H(I), BK12Q(I)
END DO
```

```
READ(IBK13,*) NBK13
DO I=1,NBK13
READ(IBK13,*) BK13H(I), BK13Q(I)
END DO
```

```
READ(IBK14,*) NBK14
DO I=1,NBK14
READ(IBK14,*) BK14H(I), BK14Q(I)
END DO
```

```
READ(IBK15,*) NBK15
DO I=1,NBK15
READ(IBK15,*) BK15H(I), BK15Q(I)
END DO
```

```
READ (IUL2,*) NB1
DO I=1, NB1
READ(IUL2,*) HB1(I), AB1(I)
END DO
```

```
READ (IUL2,*) NPODZ
DO I=1, NPODZ
READ(IUL2,*) HPODZ(I), XKPODZ(I)
END DO
```

```
READ (IUL2,*) NCB1
DO I=1, NCB1
READ(IUL2,*) HCB1(I), CB1(I)
END DO
```

```
READ(IUL2,*) H1, HJ1, THETA, DT, NDT, NPIS
READ(IUL2,*) IZAP,ZG,ZD
```

70 CONTINUE

TOC=0.00002

T1=0.0

T1D=T1/86400.0

```
GRESKA=0.0

H11=H1

DO 500 IVR=1,NDT
  ITER=0
  WRITE(*,801) IVR
801  FORMAT(' VREMENSKI KORAK JE ',I7)
      T2=T1+DT
      T2D=T2/86400.0
      IT1D=IFIX(T1D)+1

      Q01=ASLIVA*CD(IT1D)*P(IT1D)/(1000.*86400.)

      IT2D=IFIX(T2D)+1
      IF (IVR.EQ.NDT) IT2D=IFIX(T2D)
      Q02=ASLIVA*CD(IT2D)*P(IT2D)/(1000.*86400.)

! PRORACUN PODATAKA ZA BAZEN 1

      HJ2P=HJ1
      H12P=H11
200  CONTINUE
      ITER=ITER+1

!      WRITE(*,802) ITER
802  FORMAT(' BROJ ITERACIJE ',I7)

      A11=BH(NB1,HB1,AB1,H11)
      A12=BH(NB1,HB1,AB1,H12P)
      CB11=BH(NCB1,HCB1,CB1,H11)
      CB12=BH(NCB1,HCB1,CB1,H12P)
      IF (H11.GT.HJ1) Q11=CB11*SQRT(H11-HJ1)
      IF (H11.LE.HJ1) Q11=-CB11*SQRT(HJ1-H11)
      IF (H12P.GT.HJ2P) Q12=CB12*SQRT(H12P-HJ2P)
      IF (H12P.LE.HJ2P) Q12=-CB12*SQRT(HJ2P-H12P)

! PRORACUN PODATAKA ZA JEZERO
```

```
AJ1=BH(3,HAJ,AJ,HJ1)
QJEZ1=AJ1*P(IT1D)/(1000.*86400.)
AJ2=BH(3,HAJ,AJ,HJ2P)
QJEZ2=AJ2*P(IT2D)/(1000.*86400.)
EV1=AJ1*E(IT1D)/(1000.*86400.)
EV2=AJ2*E(IT2D)/(1000.*86400.)
QVOD1=QVOD(IT1D)
QVOD2=QVOD(IT2D)
```

```
HM1=HM(IT1D)
DH1=ABS(HJ1-HM1)
XK1=BH(NPODZ,HPODZ,XKPODZ,DH1)
IF(HJ1.GE.HM1) ZNAK1=1.0
IF(HJ1.LT.HM1) ZNAK1=-1.0
QPOD1=XK1*SQRT(DH1)*ZNAK1
HM2=HM(IT2D)
DH2=ABS(HJ2P-HM2)
IF(HJ2.GE.HM2) ZNAK2=1.0
IF(HJ2.LT.HM2) ZNAK2=-1.0
XK2=BH(NPODZ,HPODZ,XKPODZ,DH2)
QPOD2=XK2*SQRT(DH2)*ZNAK2
```

```
IF(HM1.LE.-0.50) GO TO 10
IF(HM1.GT.-0.50.AND.HM1.LE.-0.40) GO TO 11
IF(HM1.GT.-0.40.AND.HM1.LE.-0.30) GO TO 12
IF(HM1.GT.-0.30.AND.HM1.LE.-0.20) GO TO 13
IF(HM1.GT.-0.20.AND.HM1.LE.-0.10) GO TO 14
IF(HM1.GT.-0.10.AND.HM1.LE.0.00) GO TO 15
IF(HM1.GT.0.00.AND.HM1.LE.0.10) GO TO 16
IF(HM1.GT.0.10.AND.HM1.LE.0.20) GO TO 17
IF(HM1.GT.0.20.AND.HM1.LE.0.30) GO TO 18
IF(HM1.GT.0.30.AND.HM1.LE.0.40) GO TO 19
IF(HM1.GT.0.40.AND.HM1.LE.0.50) GO TO 20
IF(HM1.GT.0.50.AND.HM1.LE.0.60) GO TO 21
IF(HM1.GT.0.60.AND.HM1.LE.0.70) GO TO 22
IF(HM1.GT.0.70) GO TO 23
```

```
10 IF(IZAP.EQ.1) THEN
    QKAN11=BH(NZ1,ZK1H,ZK1Q,HJ1)
```

```
    QKAN12=BH(NZ2,ZK2H,ZK2Q,HJ1)
ENDIF
    IF (IZAP.EQ.2) THEN
    QKAN11=BH(NBK1,BK1H,BK1Q,HJ1)
    QKAN12=BH(NBK2,BK2H,BK2Q,HJ1)
ENDIF
    QKAN1=QKAN11+(QKAN12-QKAN11)/0.1*(HM1+0.6)
    GO TO 30

11  IF (IZAP.EQ.1) THEN
    QKAN11=BH(NZ2,ZK2H,ZK2Q,HJ1)
    QKAN12=BH(NZ3,ZK3H,ZK3Q,HJ1)
ENDIF
    IF (IZAP.EQ.2) THEN
    QKAN11=BH(NBK2,BK2H,BK2Q,HJ1)
    QKAN12=BH(NBK3,BK3H,BK3Q,HJ1)
ENDIF
    QKAN1=QKAN11+(QKAN12-QKAN11)/0.1*(HM1+0.5)
    GO TO 30

12  IF (IZAP.EQ.1) THEN
    QKAN11=BH(NZ3,ZK3H,ZK3Q,HJ1)
    QKAN12=BH(NZ4,ZK4H,ZK4Q,HJ1)
ENDIF
    IF (IZAP.EQ.2) THEN
    QKAN11=BH(NBK3,BK3H,BK3Q,HJ1)
    QKAN12=BH(NBK4,BK4H,BK4Q,HJ1)
ENDIF
    QKAN1=QKAN11+(QKAN12-QKAN11)/0.1*(HM1+0.4)
    GO TO 30

13  IF (IZAP.EQ.1) THEN
    QKAN11=BH(NZ4,ZK4H,ZK4Q,HJ1)
    QKAN12=BH(NZ5,ZK5H,ZK5Q,HJ1)
ENDIF
    IF (IZAP.EQ.2) THEN
    QKAN11=BH(NBK4,BK4H,BK4Q,HJ1)
    QKAN12=BH(NBK5,BK5H,BK5Q,HJ1)
ENDIF
    QKAN1=QKAN11+(QKAN12-QKAN11)/0.1*(HM1+0.3)
    GO TO 30
```



```
14  IF (IZAP.EQ.1) THEN
      QKAN11=BH(NZ5,ZK5H,ZK5Q,HJ1)
      QKAN12=BH(NZ6,ZK6H,ZK6Q,HJ1)
    ENDIF
      IF (IZAP.EQ.2) THEN
      QKAN11=BH(NBK5,BK5H,BK5Q,HJ1)
      QKAN12=BH(NBK6,BK6H,BK6Q,HJ1)
    ENDIF
      QKAN1=QKAN11+(QKAN12-QKAN11)/0.1*(HM1+0.2)
      GO TO 30

15  IF (IZAP.EQ.1) THEN
      QKAN11=BH(NZ6,ZK6H,ZK6Q,HJ1)
      QKAN12=BH(NZ7,ZK7H,ZK7Q,HJ1)
    ENDIF
      IF (IZAP.EQ.2) THEN
      QKAN11=BH(NBK6,BK6H,BK6Q,HJ1)
      QKAN12=BH(NBK7,BK7H,BK7Q,HJ1)
    ENDIF
      QKAN1=QKAN11+(QKAN12-QKAN11)/0.1*(HM1+0.1)
      GO TO 30

16  IF (IZAP.EQ.1) THEN
      QKAN11=BH(NZ7,ZK7H,ZK7Q,HJ1)
      QKAN12=BH(NZ8,ZK8H,ZK8Q,HJ1)
    ENDIF
      IF (IZAP.EQ.2) THEN
      QKAN11=BH(NBK7,BK7H,BK7Q,HJ1)
      QKAN12=BH(NBK8,BK8H,BK8Q,HJ1)
    ENDIF
      QKAN1=QKAN11+(QKAN12-QKAN11)/0.1*HM1
      GO TO 30

17  IF (IZAP.EQ.1) THEN
      QKAN11=BH(NZ8,ZK8H,ZK8Q,HJ1)
      QKAN12=BH(NZ9,ZK9H,ZK9Q,HJ1)
    ENDIF
      IF (IZAP.EQ.2) THEN
      QKAN11=BH(NBK8,BK8H,BK8Q,HJ1)
      QKAN12=BH(NBK9,BK9H,BK9Q,HJ1)
    ENDIF
```

```
QKAN1=QKAN11+(QKAN12-QKAN11)/0.1*(HM1-0.1)
GO TO 30

18 IF (IZAP.EQ.1) THEN
    QKAN11=BH(NZ9,ZK9H,ZK9Q,HJ1)
    QKAN12=BH(NZ10,ZK10H,ZK10Q,HJ1)
ENDIF
    IF (IZAP.EQ.2) THEN
        QKAN11=BH(NBK9,BK9H,BK9Q,HJ1)
        QKAN12=BH(NBK10,BK10H,BK10Q,HJ1)
    ENDIF
    QKAN1=QKAN11+(QKAN12-QKAN11)/0.1*(HM1-0.2)
    GO TO 30

19 IF (IZAP.EQ.1) THEN
    QKAN11=BH(NZ10,ZK10H,ZK10Q,HJ1)
    QKAN12=BH(NZ11,ZK11H,ZK11Q,HJ1)
ENDIF
    IF (IZAP.EQ.2) THEN
        QKAN11=BH(NBK10,BK10H,BK10Q,HJ1)
        QKAN12=BH(NBK11,BK11H,BK11Q,HJ1)
    ENDIF
    QKAN1=QKAN11+(QKAN12-QKAN11)/0.1*(HM1-0.3)
    GO TO 30

20 IF (IZAP.EQ.1) THEN
    QKAN11=BH(NZ11,ZK11H,ZK11Q,HJ1)
    QKAN12=BH(NZ12,ZK12H,ZK12Q,HJ1)
ENDIF
    IF (IZAP.EQ.2) THEN
        QKAN11=BH(NBK11,BK11H,BK11Q,HJ1)
        QKAN12=BH(NBK12,BK12H,BK12Q,HJ1)
    ENDIF
    QKAN1=QKAN11+(QKAN12-QKAN11)/0.1*(HM1-0.4)
    GO TO 30

21 IF (IZAP.EQ.1) THEN
    QKAN11=BH(NZ12,ZK12H,ZK12Q,HJ1)
    QKAN12=BH(NZ13,ZK13H,ZK13Q,HJ1)
ENDIF
    IF (IZAP.EQ.2) THEN
        QKAN11=BH(NBK12,BK12H,BK12Q,HJ1)
```

```
QKAN12=BH(NBK13, BK13H, BK13Q, HJ1)
ENDIF
QKAN1=QKAN11+(QKAN12-QKAN11)/0.1*(HM1-0.5)
GO TO 30

22  IF(IZAP.EQ.1) THEN
    QKAN11=BH(NZ13, ZK13H, ZK13Q, HJ1)
    QKAN12=BH(NZ14, ZK14H, ZK14Q, HJ1)
ENDIF
    IF(IZAP.EQ.2) THEN
    QKAN11=BH(NBK13, BK13H, BK13Q, HJ1)
    QKAN12=BH(NBK14, BK14H, BK14Q, HJ1)
ENDIF
    QKAN1=QKAN11+(QKAN12-QKAN11)/0.1*(HM1-0.6)
GO TO 30

23  IF(IZAP.EQ.1) THEN
    QKAN11=BH(NZ14, ZK14H, ZK14Q, HJ1)
    QKAN12=BH(NZ15, ZK15H, ZK15Q, HJ1)
ENDIF
    IF(IZAP.EQ.2) THEN
    QKAN11=BH(NBK14, BK14H, BK14Q, HJ1)
    QKAN12=BH(NBK15, BK15H, BK15Q, HJ1)
ENDIF
    QKAN1=QKAN11+(QKAN12-QKAN11)/0.1*(HM1-0.7)
GO TO 30

30  CONTINUE

IF(HM2.LE.-0.50) GO TO 40
IF(HM2.GT.-0.50.AND.HM2.LE.-0.40) GO TO 41
IF(HM2.GT.-0.40.AND.HM2.LE.-0.30) GO TO 42
IF(HM2.GT.-0.30.AND.HM2.LE.-0.20) GO TO 43
IF(HM2.GT.-0.20.AND.HM2.LE.-0.10) GO TO 44
IF(HM2.GT.-0.10.AND.HM2.LE.0.00) GO TO 45
IF(HM2.GT.0.00.AND.HM2.LE.0.10) GO TO 46
IF(HM2.GT.0.10.AND.HM2.LE.0.20) GO TO 47
IF(HM2.GT.0.20.AND.HM2.LE.0.30) GO TO 48
IF(HM2.GT.0.30.AND.HM2.LE.0.40) GO TO 49
IF(HM2.GT.0.40.AND.HM2.LE.0.50) GO TO 50
IF(HM2.GT.0.50.AND.HM2.LE.0.60) GO TO 51
```

```
IF(HM2.GT.0.60.AND.HM2.LE.0.70) GO TO 52
IF(HM2.GT.0.70) GO TO 53

40 IF (IZAP.EQ.1) THEN
    QKAN21=BH(NZ1,ZK1H,ZK1Q,HJ2P)
    QKAN22=BH(NZ2,ZK2H,ZK2Q,HJ2P)
ENDIF
    IF (IZAP.EQ.2) THEN
        QKAN21=BH(NBK1,BK1H,BK1Q,HJ2P)
        QKAN22=BH(NBK2,BK2H,BK2Q,HJ2P)
    ENDIF
    QKAN2=QKAN21+(QKAN22-QKAN21)/0.1*(HM2+0.6)
    GO TO 60

41 IF (IZAP.EQ.1) THEN
    QKAN21=BH(NZ2,ZK2H,ZK2Q,HJ2P)
    QKAN22=BH(NZ3,ZK3H,ZK3Q,HJ2P)
ENDIF
    IF (IZAP.EQ.2) THEN
        QKAN21=BH(NBK2,BK2H,BK2Q,HJ2P)
        QKAN22=BH(NBK3,BK3H,BK3Q,HJ2P)
    ENDIF
    QKAN2=QKAN21+(QKAN22-QKAN21)/0.1*(HM2+0.5)
    GO TO 60

42 IF (IZAP.EQ.1) THEN
    QKAN21=BH(NZ3,ZK3H,ZK3Q,HJ2P)
    QKAN22=BH(NZ4,ZK4H,ZK4Q,HJ2P)
ENDIF
    IF (IZAP.EQ.2) THEN
        QKAN21=BH(NBK3,BK3H,BK3Q,HJ2P)
        QKAN22=BH(NBK4,BK4H,BK4Q,HJ2P)
    ENDIF
    QKAN2=QKAN21+(QKAN22-QKAN21)/0.1*(HM2+0.4)
    GO TO 60

43 IF (IZAP.EQ.1) THEN
    QKAN21=BH(NZ4,ZK4H,ZK4Q,HJ2P)
    QKAN22=BH(NZ5,ZK5H,ZK5Q,HJ2P)
ENDIF
    IF (IZAP.EQ.2) THEN
        QKAN21=BH(NBK4,BK4H,BK4Q,HJ2P)
```

```
QKAN22=BH(NBK5, BK5H, BK5Q, HJ2P)
ENDIF
QKAN2=QKAN21+(QKAN22-QKAN21)/0.1*(HM2+0.3)
GO TO 60

44 IF (IZAP.EQ.1) THEN
QKAN21=BH(NZ5, ZK5H, ZK5Q, HJ2P)
QKAN22=BH(NZ6, ZK6H, ZK6Q, HJ2P)
ENDIF
IF (IZAP.EQ.2) THEN
QKAN21=BH(NBK5, BK5H, BK5Q, HJ2P)
QKAN22=BH(NBK6, BK6H, BK6Q, HJ2P)
ENDIF
QKAN2=QKAN21+(QKAN22-QKAN21)/0.1*(HM2+0.2)
GO TO 60

45 IF (IZAP.EQ.1) THEN
QKAN21=BH(NZ6, ZK6H, ZK6Q, HJ2P)
QKAN22=BH(NZ7, ZK7H, ZK7Q, HJ2P)
ENDIF
IF (IZAP.EQ.2) THEN
QKAN21=BH(NBK6, BK6H, BK6Q, HJ2P)
QKAN22=BH(NBK7, BK7H, BK7Q, HJ2P)
ENDIF
QKAN2=QKAN21+(QKAN22-QKAN21)/0.1*(HM2+0.1)
GO TO 60

46 IF (IZAP.EQ.1) THEN
QKAN21=BH(NZ7, ZK7H, ZK7Q, HJ2P)
QKAN22=BH(NZ8, ZK8H, ZK8Q, HJ2P)
ENDIF
IF (IZAP.EQ.2) THEN
QKAN21=BH(NBK7, BK7H, BK7Q, HJ2P)
QKAN22=BH(NBK8, BK8H, BK8Q, HJ2P)
ENDIF
QKAN2=QKAN21+(QKAN22-QKAN21)/0.1*HM2
GO TO 60

47 IF (IZAP.EQ.1) THEN
QKAN21=BH(NZ8, ZK8H, ZK8Q, HJ2P)
QKAN22=BH(NZ9, ZK9H, ZK9Q, HJ2P)
ENDIF
```

```
        IF (IZAP.EQ.2) THEN
        QKAN21=BH(NBK8, BK8H, BK8Q, HJ2P)
        QKAN22=BH(NBK9, BK9H, BK9Q, HJ2P)
    ENDIF
    QKAN2=QKAN21+(QKAN22-QKAN21)/0.1*(HM2-0.1)
    GO TO 60

48    IF (IZAP.EQ.1) THEN
        QKAN21=BH(NZ9, ZK9H, ZK9Q, HJ2P)
        QKAN22=BH(NZ10, ZK10H, ZK10Q, HJ2P)
    ENDIF
        IF (IZAP.EQ.2) THEN
        QKAN21=BH(NBK9, BK9H, BK9Q, HJ2P)
        QKAN22=BH(NBK10, BK10H, BK10Q, HJ2P)
    ENDIF
    QKAN2=QKAN21+(QKAN22-QKAN21)/0.1*(HM2-0.2)
    GO TO 60

49    IF (IZAP.EQ.1) THEN
        QKAN21=BH(NZ10, ZK10H, ZK10Q, HJ2P)
        QKAN22=BH(NZ11, ZK11H, ZK11Q, HJ2P)
    ENDIF
        IF (IZAP.EQ.2) THEN
        QKAN21=BH(NBK10, BK10H, BK10Q, HJ2P)
        QKAN22=BH(NBK11, BK11H, BK11Q, HJ2P)
    ENDIF
    QKAN2=QKAN21+(QKAN22-QKAN21)/0.1*(HM2-0.3)
    GO TO 60

50    IF (IZAP.EQ.1) THEN
        QKAN21=BH(NZ11, ZK11H, ZK11Q, HJ2P)
        QKAN22=BH(NZ12, ZK12H, ZK12Q, HJ2P)
    ENDIF
        IF (IZAP.EQ.2) THEN
        QKAN21=BH(NBK11, BK11H, BK11Q, HJ2P)
        QKAN22=BH(NBK12, BK12H, BK12Q, HJ2P)
    ENDIF
    QKAN2=QKAN21+(QKAN22-QKAN21)/0.1*(HM2-0.4)
    GO TO 60

51    IF (IZAP.EQ.1) THEN
        QKAN21=BH(NZ12, ZK12H, ZK12Q, HJ2P)
```

```

      QKAN22=BH(NZ13,ZK13H,ZK13Q,HJ2P)
ENDIF
      IF(IZAP.EQ.2) THEN
      QKAN21=BH(NBK12,BK12H,BK12Q,HJ2P)
      QKAN22=BH(NBK13,BK13H,BK13Q,HJ2P)
ENDIF
      QKAN2=QKAN21+(QKAN22-QKAN21)/0.1*(HM2-0.5)
      GO TO 60

52  IF(IZAP.EQ.1) THEN
      QKAN21=BH(NZ13,ZK13H,ZK13Q,HJ2P)
      QKAN22=BH(NZ14,ZK14H,ZK14Q,HJ2P)
ENDIF
      IF(IZAP.EQ.2) THEN
      QKAN21=BH(NBK13,BK13H,BK13Q,HJ2P)
      QKAN22=BH(NBK14,BK14H,BK14Q,HJ2P)
ENDIF
      QKAN2=QKAN21+(QKAN22-QKAN21)/0.1*(HM2-0.6)
      GO TO 60

53  IF(IZAP.EQ.1) THEN
      QKAN21=BH(NZ14,ZK14H,ZK14Q,HJ2P)
      QKAN22=BH(NZ15,ZK15H,ZK15Q,HJ2P)
ENDIF
      IF(IZAP.EQ.2) THEN
      QKAN21=BH(NBK14,BK14H,BK14Q,HJ2P)
      QKAN22=BH(NBK15,BK15H,BK15Q,HJ2P)
ENDIF
      QKAN2=QKAN21+(QKAN22-QKAN21)/0.1*(HM2-0.7)
      GO TO 60

60  CONTINUE

      F(1)=H12P-H11-(Q01-Q11)/A11*(1.-THETA)*DT-(Q02-Q12)/A12*THETA*DT
      FF(1,1)=1.0
      FF(1,2)=THETA*DT/A12
      FF(1,3)=0.0

      IF(H12P.GE.HJ2P) THEN
      F(2)=Q12-CB12*SQRT(H12P-HJ2P)
      FF(2,1)=-CB12/(2.*SQRT(H12P-HJ2P))
      FF(2,2)=1.0

```

```

FF(2,3)=CB12/(2.*SQRT(H12P-HJ2P))
END IF
IF(H12P.LT.HJ2P) THEN
F(2)=Q12-CB12*SQRT(HJ2P-H12P)
FF(2,1)=CB12/(2.*SQRT(HJ2P-H12P))
FF(2,2)=1.0
FF(2,3)=-CB12/(2.*SQRT(HJ2P-H12P))
END IF

F(3)=HJ2P-HJ1-(Q11+QJEZ1-EV1-QVOD1-QPOD1-QKAN1)/AJ1*(1-THETA)*DT-(Q12+QJEZ2-EV2-
QVOD2-QPOD2-QKAN2)/AJ2*THETA*DT
FF(3,1)=0.0
FF(3,2)=-THETA*DT/AJ2
FF(3,3)=1.0

F(1)=-F(1)
F(2)=-F(2)
F(3)=-F(3)

CALL SOLVER(FF,F,3)

H12I=H12P+FAKT*F(1)
Q12=Q12+FAKT*F(2)
HJ2I=HJ2P+FAKT*F(3)

H12P=H12I
HJ2P=HJ2I

DO I=1,3
IF(ABS(F(I)).GT.TOC) GO TO 200
END DO

H12=H12I
H11=H12
HJ2=HJ2I
GRESKA=GRESKA+ABS(HJ2-HJ(IT2D))

HJM1=HJ(IT1D)
HJM2=HJ(IT2D)

IF(IVR.EQ.1) THEN

```



```
WRITE(IZL,300)
T1,T1D,CD(IT1D),Q01,H11,Q11,HJ1,HJM1,QJEZ1,EV1,QVOD1,QPOD1,QKAN1,HM1
END IF
IX=IVR/NPIS
X=FLOAT(IVR)/FLOAT(NPIS)
RIX=FLOAT(IX)
IF(X.EQ.RIX) THEN
WRITE(IZL,300)
T2,T2D,CD(IT2D),Q02,H12,Q12,HJ2,HJM2,QJEZ2,EV2,QVOD2,QPOD2,QKAN2,HM2
END IF
300 FORMAT (F15.2,F12.6,F7.3,F10.4,10F12.4)

T1=T2
HJ1=HJ2
T1D=T2D
IF(HJ2.GE.ZG.AND.IZAP.EQ.1) IZAP=2
IF(HJ2.LT.ZD.AND.IZAP.EQ.2) IZAP=1

500 CONTINUE

GRESKA=GRESKA/FLOAT(NDT)
WRITE(*,501) GRESKA
501 FORMAT( 'Prosjecna greska iznosi',F10.5)
WRITE(*,502)
502 FORMAT(' UPISI 1 ZA KRAJ')
READ(*,*) IBROJ

WRITE(IZL,501) GRESKA

STOP
END

FUNCTION BH(N,X,Y,XX)
DIMENSION X(N),Y(N)
NI=1
DO 1 I=1,N-1
IF(X(I)-XX) 2,4,3
2 NI=I
1 CONTINUE
3 BH=Y(NI)+(Y(NI+1)-Y(NI))*(XX-X(NI))/(X(NI+1)-X(NI))
```

```
      RETURN
4     BH=Y(I)
      RETURN
      END
!
      SUBROUTINE OPEN(IUL0,IUL1,IUL2,IZL)
      CHARACTER*40 IME

!     IPK1 JE BROJ DATOTEKE S KRIVULJOM PROTOKA ZA POSTOJEĆE STANJE ZA HM=-0,6 m.n.m.
!     IUL1 JE BROJ DATOTEKE S GLAVNIM ULAZNIM PODACIMA
!     IUL2 JE BROJ ULAZNE DATOTEKE S POVRŠINAMA BAZENA 1 I FUNKCIJOM PROVODLJIVOSTI
      PODZEMNOG OTJECANJA
!     IZL JE BROJ IZLAZNE DATOTEKE
!
      IZK1=5
      IZK2=6
      IZK3=7
      IZK4=8
      IZK5=9
      IZK6=10
      IZK7=11
      IZK8=12
      IZK9=13
      IZK10=14
      IZK11=15
      IZK12=16
      IZK13=17
      IZK14=18
      IZK15=19

      IBK1=35
      IBK2=36
      IBK3=37
      IBK4=38
      IBK5=39
      IBK6=40
      IBK7=41
      IBK8=42
      IBK9=43
      IBK10=44
      IBK11=45
      IBK12=46
```

```
IBK13=47
IBK14=48
IBK15=49

WRITE(*,5)
5  FORMAT(' UPISI IME DATOTEKE S IMENIMA DATOTEKA:')
   READ(*,'(A)') IME
   OPEN(UNIT=IUL0,FILE=IME,STATUS='OLD')

   READ(IUL0,'(A)') IME
   OPEN(UNIT=IUL1,FILE=IME,STATUS='OLD')
   WRITE(*,6) IME
6  FORMAT(' IME DATOTEKE S PODACIMA O RAZINI MORA I JEZERA JE:',A40)

   READ(IUL0,'(A)') IME
   OPEN(UNIT=IUL2,FILE=IME,STATUS='OLD')
   WRITE(*,7) IME
7  FORMAT(' IME DATOTEKE S PODACIMA S POVRŠINAMA BAZENA 1 I FUN. PROVODLJIVOSTI
   PODZEMNOG OTJECANJA:',A40)

   READ(IUL0,'(A)') IME
   OPEN(UNIT=IZL,FILE=IME,STATUS='REPLACE')
   WRITE(*,8) IME
8  FORMAT(' IME IZLAZNE DATOTEKE:',A40)

OPEN(UNIT=IZK1,FILE='PSSZ1.DAT',STATUS='OLD')
OPEN(UNIT=IZK2,FILE='PSSZ2.DAT',STATUS='OLD')
OPEN(UNIT=IZK3,FILE='PSSZ3.DAT',STATUS='OLD')
OPEN(UNIT=IZK4,FILE='PSSZ4.DAT',STATUS='OLD')
OPEN(UNIT=IZK5,FILE='PSSZ5.DAT',STATUS='OLD')
OPEN(UNIT=IZK6,FILE='PSSZ6.DAT',STATUS='OLD')
OPEN(UNIT=IZK7,FILE='PSSZ7.DAT',STATUS='OLD')
OPEN(UNIT=IZK8,FILE='PSSZ8.DAT',STATUS='OLD')
OPEN(UNIT=IZK9,FILE='PSSZ9.DAT',STATUS='OLD')
OPEN(UNIT=IZK10,FILE='PSSZ10.DAT',STATUS='OLD')
OPEN(UNIT=IZK11,FILE='PSSZ11.DAT',STATUS='OLD')
OPEN(UNIT=IZK12,FILE='PSSZ12.DAT',STATUS='OLD')
OPEN(UNIT=IZK13,FILE='PSSZ13.DAT',STATUS='OLD')
OPEN(UNIT=IZK14,FILE='PSSZ14.DAT',STATUS='OLD')
OPEN(UNIT=IZK15,FILE='PSSZ15.DAT',STATUS='OLD')

OPEN(UNIT=IBK1,FILE='PSDZ1.DAT',STATUS='OLD')
```

```
OPEN(UNIT=IBK2, FILE='PSDZ2.DAT', STATUS='OLD')
OPEN(UNIT=IBK3, FILE='PSDZ3.DAT', STATUS='OLD')
OPEN(UNIT=IBK4, FILE='PSDZ4.DAT', STATUS='OLD')
OPEN(UNIT=IBK5, FILE='PSDZ5.DAT', STATUS='OLD')
OPEN(UNIT=IBK6, FILE='PSDZ6.DAT', STATUS='OLD')
OPEN(UNIT=IBK7, FILE='PSDZ7.DAT', STATUS='OLD')
OPEN(UNIT=IBK8, FILE='PSDZ8.DAT', STATUS='OLD')
OPEN(UNIT=IBK9, FILE='PSDZ9.DAT', STATUS='OLD')
OPEN(UNIT=IBK10, FILE='PSDZ10.DAT', STATUS='OLD')
OPEN(UNIT=IBK11, FILE='PSDZ11.DAT', STATUS='OLD')
OPEN(UNIT=IBK12, FILE='PSDZ12.DAT', STATUS='OLD')
OPEN(UNIT=IBK13, FILE='PSDZ13.DAT', STATUS='OLD')
OPEN(UNIT=IBK14, FILE='PSDZ14.DAT', STATUS='OLD')
OPEN(UNIT=IBK15, FILE='PSDZ15.DAT', STATUS='OLD')
```

```
RETURN
```

```
END
```

```
SUBROUTINE SOLVER(A,B,N)
```

```
DIMENSION A(N,N),B(N),X(30)
```

```
N1=N-1
```

```
DO 3 K=1,N
```

```
I1=K+1
```

```
DO 2 I=I1,N
```

```
FAK=-A(I,K)/A(K,K)
```

```
DO 1 J=K,N
```

```
1 A(I,J)=A(I,J)+FAK*A(K,J)
```

```
2 B(I)=B(I)+B(K)*FAK
```

```
3 CONTINUE
```

```
X(N)=B(N)/A(N,N)
```

```
DO 4 K=1,N1
```

```
I=N-K
```

```
S=0.
```

```
DO 5 L=1,K
```

```
J=I+L
```

```
5 S=S+A(I,J)*X(J)
```

```
4 X(I)=(B(I)-S)/A(I,I)
```

```
DO 6 I=1,N
```

```
B(I)=X(I)
```

```
6 CONTINUE
```

```
RETURN
```

```
END
```

## 7. ZAKLJUČAK

U ovom diplomskom radu provedena je analiza postojećeg i projektiranog stanja za dvije različite varijante uređenja kanala Prosika koje utječu na stanje u jezeru te je izrađeno programsko rješenje za analizu istih. Analizom stanja dobiveno je petnaest krivulja protoka koje opisuju kretanje protoka u kanalu Prosika u ovisnosti o vodostajima jezera i mora. Analiza je napravljena za razine mora od -0.6 (m n.m.) do +0.8 (m n.m.) (svakih 0.1 (m)).

Model je izrađen primjenom jednadžbi kontinuiteta te jednadžbe kojom se definira dotok iz podzemnog bazena u jezero. Kalibriran je na podacima za 2010. i 2011. godinu, kasnije je testiran na podacima za 2012. godinu, a potom primijenjen za 2013. i 2014. godinu. Podaci koji su kalibrirani su površina podzemnog bazena, koeficijent provodljivosti iz podzemnog bazena prema jezeru, te koeficijent provodljivosti podzemlja (odnosno koeficijent provodljivosti između jezera i mora). Usporedbom mjerenih i izračunatih vrijednosti ispitana je točnost modela. Odstupanje mjerenih i izračunatih vrijednosti kalibriranog modela iznosi 7.11 (cm) (prosječna apsolutna razlika modeliranog i mjerenog vodostaja u jezeru za razdoblje od 5 godina) što se smatra dobrim poklapanjem rezultata, odnosno model dobro opisuje stanje u jezeru.

Osim izračunatih razina u jezeru čijom usporedbom sa mjerenim vrijednostima se ustvrdila vjerodostojnost modela, proračunom su dobivene i vrijednosti komponenata vodne bilance.

Uvidom u grafičke prikaze kretanja protoka utvrđeno je da na promjenu protoka najveću ulogu ima koeficijent otjecanja sa sliva. Na dotok iz fiktivnog bazena (podzemni bazen 1) u jezero najviše utječe geometrija bazena kao i koeficijent provodljivosti između bazena i jezera. Evaporacija je najizraženija u ljetnim mjesecima kada su visoke temperature pa je i isparavanje izražajnije. Mjesečni protoci za vodoopskrbu i navodnjavanje su uzeti jednaki za sve godine razmatranja. Na promjenu protoka pri podzemnom procjeđivanju ključnu ulogu ima razlika razina mora i jezera kao i koeficijent provodljivosti podzemlja (provodljivost između jezera i mora). Protok u kanalu mijenja se sukladno razlici razina mora i jezera.

Provedenim modeliranjem postojećeg i projektiranog stanja za obje varijante dobija se uvid u efekte projekta oblaganja kanala Prosika betonom i kamenom, kao i izgradnje zapornice - preljeva na kanalu.

Osnovna ideja ugradnje zapornice i oblaganja kanala je bila zadržavanje vode u jezeru Vrana smanjenjem gubitaka vode kroz dno i bokove kanala Prosika, kao i smanjenjem gubitaka vode istjecanjem kroz sam kanal u more.

Usporedba vodostaja na grafu 22. pokazuje da će izgradnjom zapornice i oblaganjem korita doći do izvjesnog porasta razine vode u jezeru. Usporedba je provedena za postojeće stanje i obje varijante projektiranog stanja koje se (numerički) implementira 01. siječnja 2010. godine.

Najveći efekti su bili u 2014. godini koja je ionako bila relativno bogata oborinama. U kolovozu 2014. bi, sa izvedenim projektom u obje varijante s kotom dizanja zapornice na 1.40 (m), vodostaji u jezeru bili za oko 50 (cm) veći u odnosu na postojeće stanje.

Međutim, osim problema niskih vodostaja u jezeru Vrana, postoji i problem maksimalnih vodostaja, odnosno poplava. Oblaganjem kanala betonom i kamenom u varijanti rješenja „PROJEKTIRANO“ smanjit će se poprečni presjek kanala, a time i njegov kapacitet odvodnje. Varijanta rješenja „PROJEKTIRANO NOVO“ ima širi kanal za 2 (m), te dublji za 40 (cm) sa ciljem sprječavanja procjeđivanja bez smanjenja kapaciteta kanala.

Iz krivulja protoka kroz kanal Prosika prikazanih na grafovima 1.-15. vidljivo je smanjenje kapaciteta kanala u projektiranom stanju i sa dignutom zapornicom, u odnosu na postojeće stanje. Osnovni razlog je smanjenje poprečnog presjeka kanala u projektiranom stanju u odnosu na postojeće stanje. Iako je odabrana pogonska hidraulička hrapavost projektiranog kanala usvojena u iznosu od 15 (mm), što je manje od usvojene pogonske hidrauličke hrapavosti postojećeg kanala koja iznosi 40 (mm), ipak se kapacitet kanala smanjuje za oko 3 (m<sup>3</sup>/s), pri istom vodostaju u jezeru. Za slučaj novog projektiranog stanja s proširenim kanalom situacija je drugačija. Vodostaj u jezeru se povećava iz čega zaključujemo da su uspješno smanjena procjeđivanja kroz kanal te zaslanjivanje. Protoci su također veći što nam ukazuje na povećanje kapaciteta kanala gdje se za isti vodostaj protok poveća za 3 (m<sup>3</sup>/s).

Ako se razmatraju vodostaji pri istim protocima, onda se uočava da će vodostaj za isti protok u projektiranim stanju sa dignutom zapornicom biti za oko 30 (cm) veći od postojećeg vodostaja.

Ova konstatacija ukazuje na pogoršanje stanja u jezeru Vrana pri visokim vodostajima (stanje poplave) u odnosu na postojeće stanje. Kod novog projektiranog stanja vodostaji u jezeru su za oko 14 (cm) manji od postojećeg vodostaja, pri istom protoku u kanalu. Upravo ovakve postignute vrijednosti ukazuju da će se time poboljšati stanje u jezeru, jer će se kapacitet odvodnog kanala povećati u odnosu na postojeće stanje.

U analizi srednjih izračunatih vrijednosti vodostaja u jezeru (Hj2) sa srednjim mjerenim vrijednostima vodostaja u jezeru (Hjm2) za svako od promatranih stanja izračunata je razlika. Za postojeće stanje prosječna razlika između mjerenog i izračunatog vodostaja u jezeru iznosi 3.24 (cm). Kod projektiranog stanja, u slučaju rada zapornice po varijanti 1, srednji modelirani vodostaj u jezeru iznosi 67.25 (cm n.m.) što je veće za 22.12 (cm) od mjerenog vodostaja, dok je za isti mehanizam rada zapornice kod novog projektiranog stanja modelirani vodostaj 65.77

(cm n.m.) odnosno veći je za 20.64 (cm) od mjenenog vodostaja. Pri radu zapornice po varijanti 2 modelirani vodostaj u jezeru za projektirano stanje iznosi 68.80 (cm n.m.) i time je veći za 23.67 (cm) od mjenenog vodostaja, dok kod novog projektiranog stanja modelirani vodostaj iznosi 67.77 (cm n.m.) čime je veći za 22.64 (cm) mjenenog vodostaja. Za rad zapornice po varijanti 3 kod projektiranog stanja modelirani vodostaj iznosi 70.04 (cm n.m.) čime je veći za 24.91 (cm) od mjenenog vodostaja, a kod novog projektiranog stanja modelirani vodostaj iznosi 69.29 (cm n.m.) te je veći za 24.16 (cm) od mjenenog vodostaja.

Dakle, iz prikazanih se rezultata uočava da će, nakon izgradnje zapornice i uređenja kanala, vodostaji u jezeru u prosjeku porasti približno jednako primjenom projektiranog ili novog projektiranog stanja. Međutim, predlaže se primjena proširenog kanala (projektirano novo stanje) koji omogućava brže pražnjenje jezera pri povišenim vodostajima u jezeru, kako bi se spriječila pojava poplave.

Iz analize svih promatranih stanja u kanalu Prosika i jezeru Vrana projektirano novo stanje zadovoljava sve postavljene ciljeve. Proširenjem i produbljenjem kanala te oblaganjem betonom i kamenom istog spriječit će se gubitak vode kroz kanal bez smanjenja kapaciteta. Ugradnjom zapornice uspješno se zadržava voda u jezeru za vrijeme kišnih razdoblja, kako bi se zadržali povišeni vodostaji u jezeru u vrijeme sušnog razdoblja.

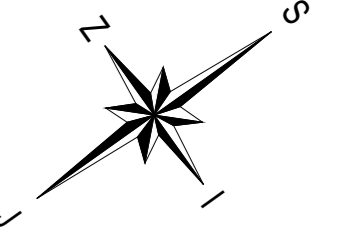
Povećani kapacitet kanala, koji će se ostvariti primjenom projektiranog novog stanja, omogućit će brzo i efikasno pražnjenje jezera, čime se smanjuje mogućnost poplave.


## **8. LITERATURA**

- [1] V. Jović, Osnove hidromehanike, Element, 2006.
- [2] V. Jović, Hidraulika - interna skripta, Fakultet građevinarstva, arhitekture i geodezije u Splitu.
- [3] The Newton-Raphson Method,  
<http://www.math.ubc.ca/~ansteemath104/newtonmethod.pdf>.
- [4] The Newton-Raphson Method,  
<http://www.mathos.unios.hr/~scitowsk/MP/Snj.pdf>
- [5] A. Harapin, Kratke osnove rada s programskim jezikom FORTRAN, Split: Fakultet građevinarstva, arhitekture i geodezije, 2009.
- [6] P. Sarajčev, Primjena Fortrana F90/95 u inženjerskim proračunima, Split: FESB, Zavod za elektroenergetiku, 2004.
- [7] A. Vrsalović, Diplomski rad: Hidraulički model Vranskog jezera, Split: FGAG, 2019.
- [8] D. Bojanić, Hidraulički model jezera Vrana



## **9. PRILOZI**



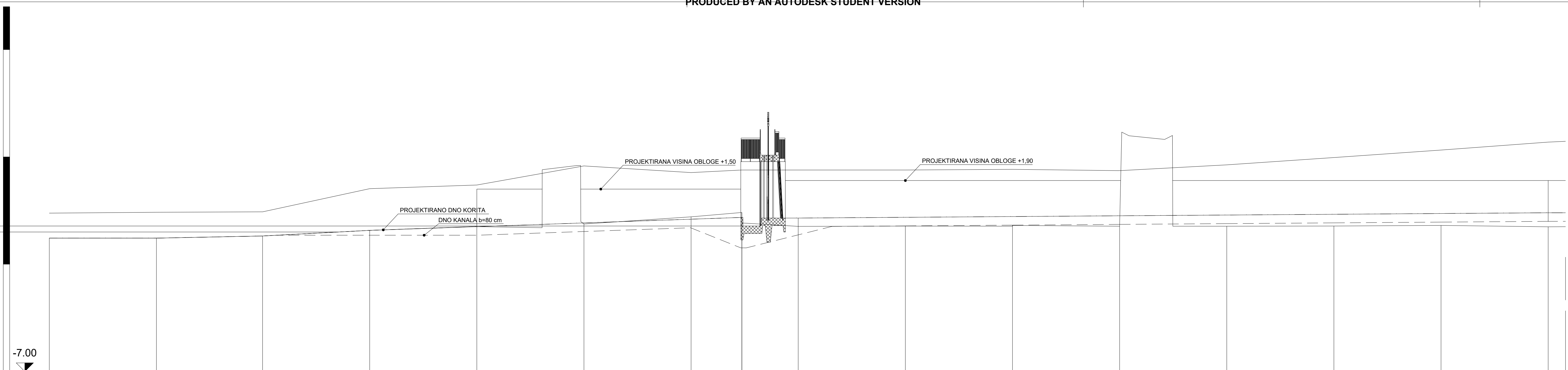
		
<b>DIPLOMSKI RAD</b>		
TEMA	HIDRAULIČKI MODEL VRANSKOG JEZERA - projektirano stanje	
STUDENT	Sanja Radanović	
SADRŽAJ	SITUACIJA ZA PROJEKTIRANO STANJE	MERLO BROJ PRILOGA
DATUM	srpanj, 2020.	1:1000 1

8.00

3.00

-2.00

-7.00



Naziv	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	C139 C131	P8	P9	P10	P11	P12	P13	P14	P15
Visina terena u osi [m n.m.]	-0.79	-0.79	-0.69	-0.42	-0.25	-0.13	0.21	0.41 -0.08	-0.24	-0.22	-0.19	-0.23	-0.23	-0.22	-0.19	-0.26
Visina obala kanala [m n.m.]	0.38	0.42	0.44	1.52	1.69	2.58	2.27	2.39 2.39	2.39	2.39	2.42	2.36	2.63	2.97	3.32	3.69
Visina obloge kanala [m n.m.]					1.50	1.50	1.50	1.50	1.90	1.90	1.90	1.90	1.90	1.90	1.90	1.90
Visina nivelete kanala [m n.m.]	-0.79	-0.79	-0.69	-0.42	-0.25	-0.08	0.10	0.18	0.15	0.19	0.22	0.26	0.29	0.33	0.36	0.40
Niveleta malog kanala [m n.m.]				-0.65	-0.65	-0.48	-0.31	-1.24	-0.63	-0.21	-0.18	-0.14	-0.11	-0.07	-0.04	0.00
Dubina nivelete [m]	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	-0.05	0.11	0.23	-0.39	-0.41	-0.41	-0.49	-0.52	-0.55	-0.55	-0.65
Duljina dionice [m]		25.00	24.80	25.00	25.00	25.00	25.00	11.90	13.10	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00
Pad [%]		0.00	0.40	1.05	0.69		0.70		0.00				0.14			
Stacionaže čvorova	000+000	000+025	000+050	000+075	000+100	000+125	000+150	000+162	000+175	000+200	000+225	000+250	000+275	000+300	000+325	000+350
Duljina/Pad dionica	25.00 m	24.80 m	25.00m	25.00 m	61.90 m		0.70 %	13.10 m	175.00 m							0.14 %

PRODUCED BY AN AUTODESK STUDENT VERSION

PRODUCED BY AN AUTODESK STUDENT VERSION

**SVEUČILIŠTE U SPLITU,**  
**FAKULTET GRAĐEVINARSTVA,**  
**ARHITEKTURE I GEODEZIJE**

**DIPLOMSKI RAD**

TEMA: **HIDRAULIČKI MODEL VRANSKOG JEZERA -**  
 projektirano stanje

STUDENT: **Sanja Radanović**

SADRŽAJ: **UZDUŽNI PRESJEK - list 1**

DATUM: **srpanj, 2020.**

MJERILO: **1:500/100**

BROJ PRILOGA: **2**

8.00

3.00

-2.00

-7.00

TLAČNI ČEJVOVOD  
000+369.50

PROJEKTIRANA VISINA OBLOGE +1.90

PROJEKTIRANO DNO KORITA

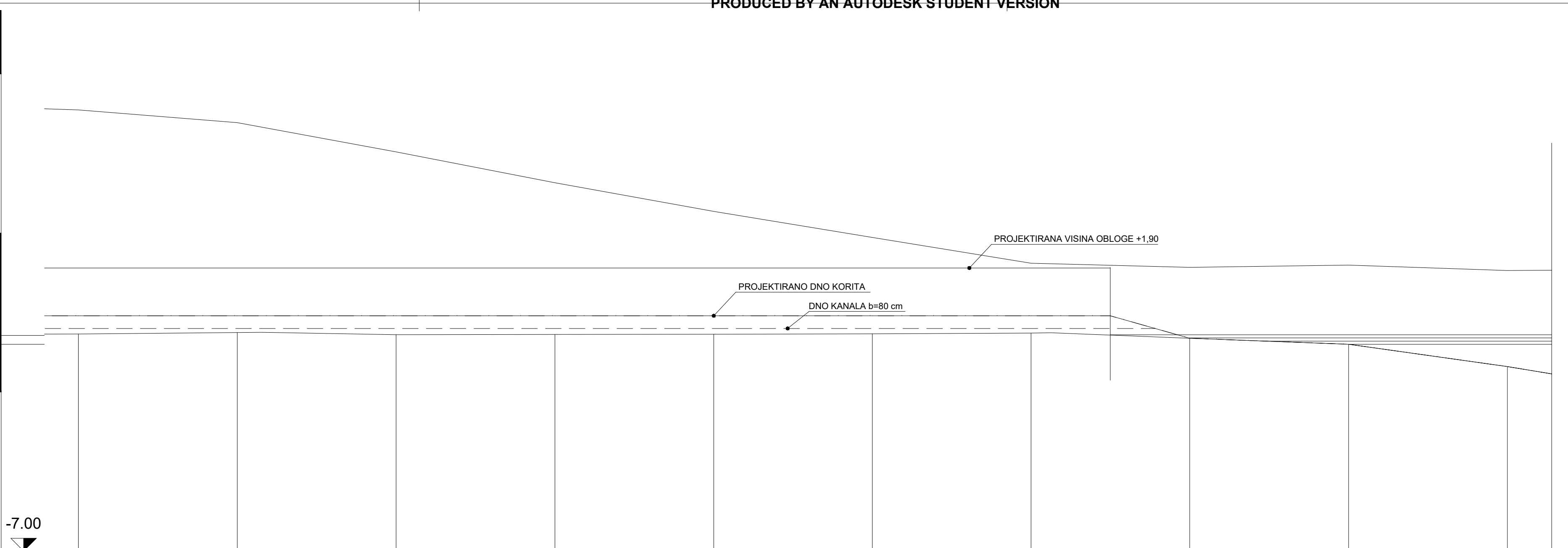
DNO KANALA b=80 cm

Naziv	P15	P16	P17	P18	P19	P20	P21	P22	P23	P24	P25	P26	P27	P28	P29
Visina terena u osi [m n.m.]	-0.26	-0.22	-0.19	-0.16	-0.13	-0.11	-0.19	-0.18	-0.19	-0.20	-0.11	-0.08	-0.10	-0.19	-0.18
Visina obala kanala [m n.m.]	3.69	3.92	4.17	4.44	4.65	4.92	5.26	5.78	6.27	6.43	6.78	7.03	7.06	7.04	6.87
Visina obloge kanala [m n.m.]	1.90	1.90	1.90	1.90	1.90	1.90	1.90	1.90	1.90	1.90	1.90	1.90	1.90	1.90	1.90
Visina nivelete kanala [m n.m.]	0.40	0.40	0.40	0.40	0.40	0.40	0.40	0.40	0.40	0.40	0.40	0.40	0.40	0.40	0.40
Niveleta malog kanala [m n.m.]	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Dubina nivelete [m]	-0.65	-0.62	-0.59	-0.56	-0.53	-0.51	-0.59	-0.58	-0.59	-0.60	-0.51	-0.48	-0.49	-0.58	-0.57
Duljina dionice [m]		25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00
Pad [%]		0.00													
Stacionaže čvorova	000+369	000+375	000+400	000+425	000+450	000+475	000+500	000+525	000+550	000+575	000+600	000+625	000+650	000+675	000+700
Duljina/Pad dionica		525.00 m													
		0.00 %													



<b>DIPLOMSKI RAD</b>	
TEMA	HIDRAULIČKI MODEL VRANSKOG JEZERA - projektirano stanje
STUDENT	Sanja Radanović
SADRŽAJ	UZDUŽNI PRESJEK - list 2
DATUM	srpanj, 2020.
MJERILO	1:500/100
BROJ PRILOGA	3

8.00  
3.00  
-2.00  
-7.00



Naziv	P29	P30	P31	P32	P33	P34	P35	P36	P37	P38	P39	
Visina terena u osi [m n.m.]	-0.18	-0.13	-0.20	-0.19	-0.18	-0.17	-0.15	-0.31	-0.50	-1.20	-1.43	
Visina obala kanala [m n.m.]	6.87	6.47	5.55	4.58	3.68	2.86	2.05	1.92	1.99	1.82	1.83	
Visina obloge kanala [m n.m.]	1.90	1.90	1.90	1.90	1.90	1.90	1.90					
Visina nivelete kanala [m n.m.]	0.40	0.40	0.40	0.40	0.40	0.40	0.40	-0.31	-0.50	-1.20	-1.43	
Niveleta malog kanala [m n.m.]	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00					
Dubina nivelete [m]	-0.57	-0.53	-0.59	-0.59	-0.58	-0.57	-0.54	0.00	0.00	0.00	0.00	
Duljina dionice [m]		25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	7.00	
Pad [%]				0.00					-0.75	-2.81	-3.30	
Stacionaže čvorova	000+700	000+725	000+750	000+775	000+800	000+825	000+850	000+875	000+900	000+925	000+932	
Duljina/Pad dionica	525.00 m 0.00 %							25.00 m 0.75 %	25.00 m 2.81 %	7.00 m 3.30 %		

**UCA** SVEUČILIŠTE U SPLITU,  
FAKULTET GRAĐEVINARSTVA,  
ARHITEKTURE I GEODEZIJE

**DIPLOMSKI RAD**

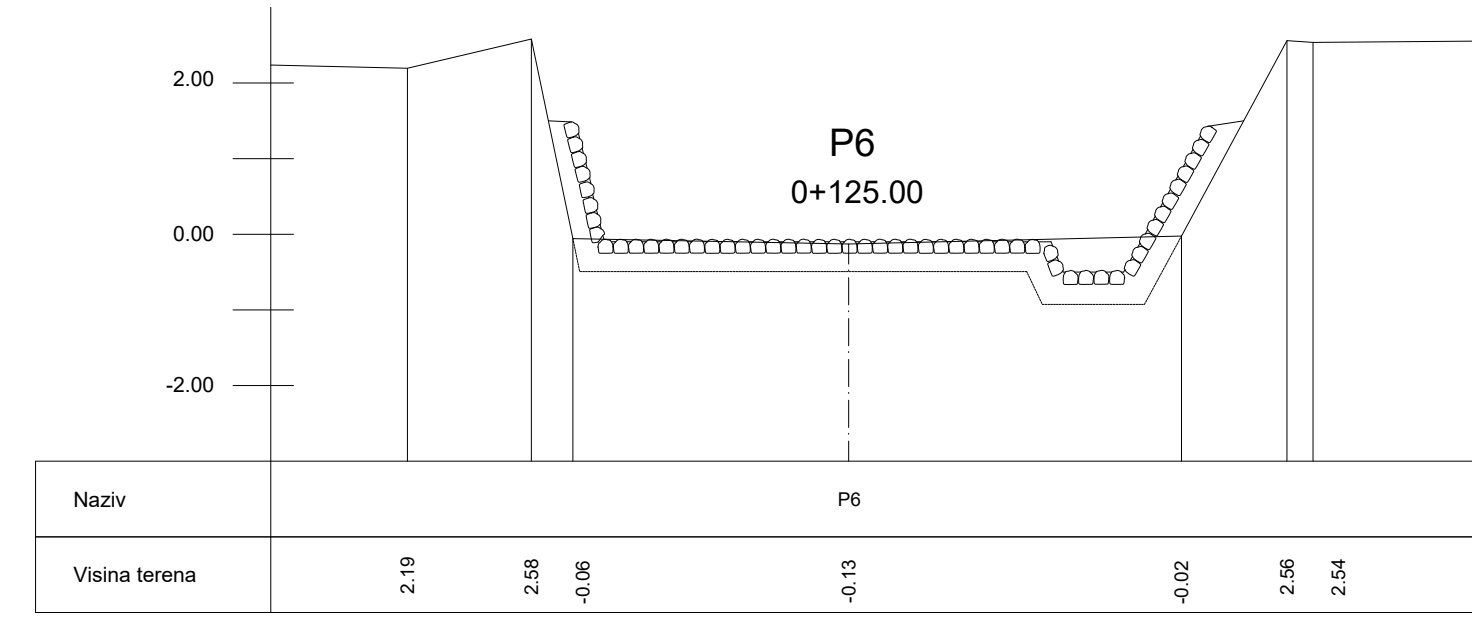
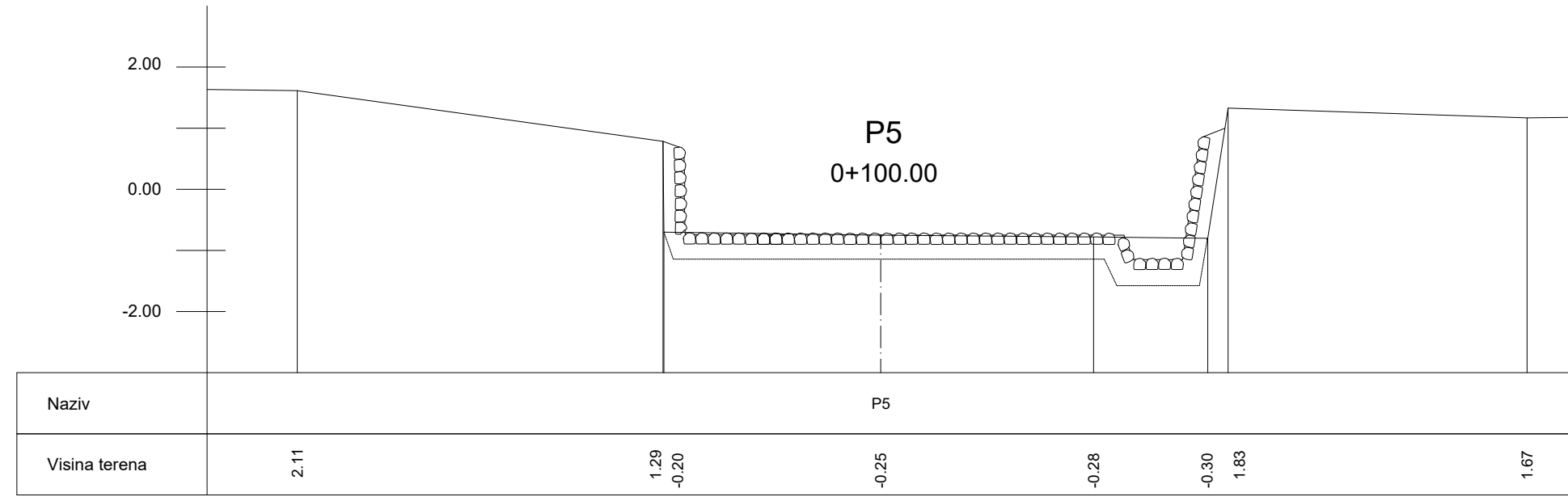
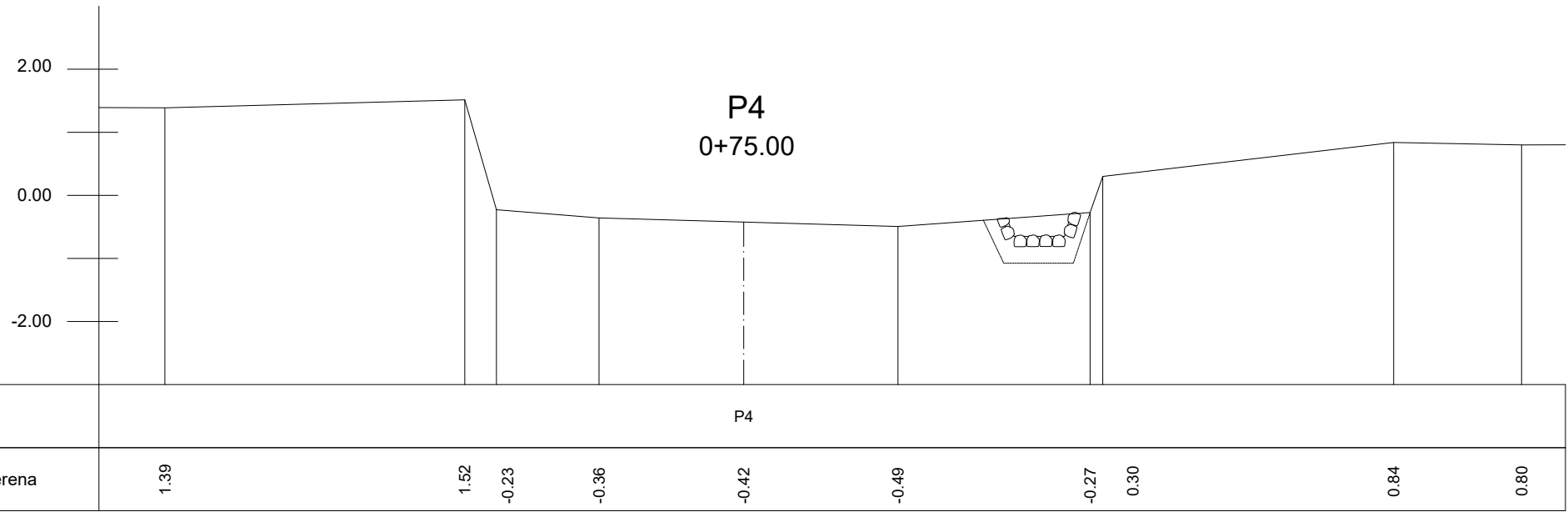
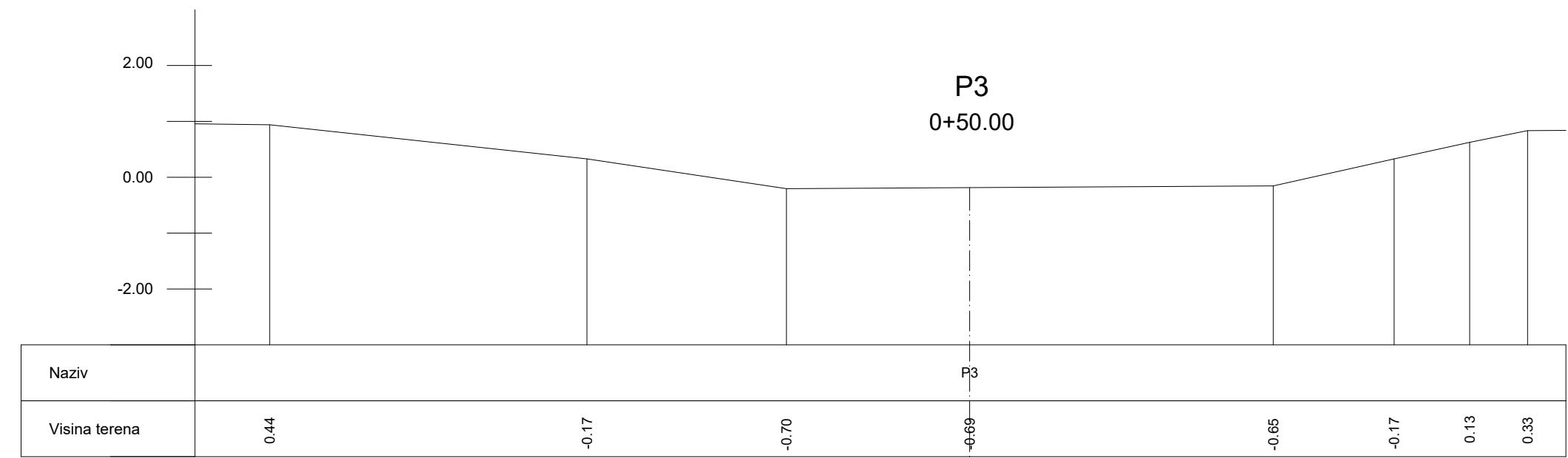
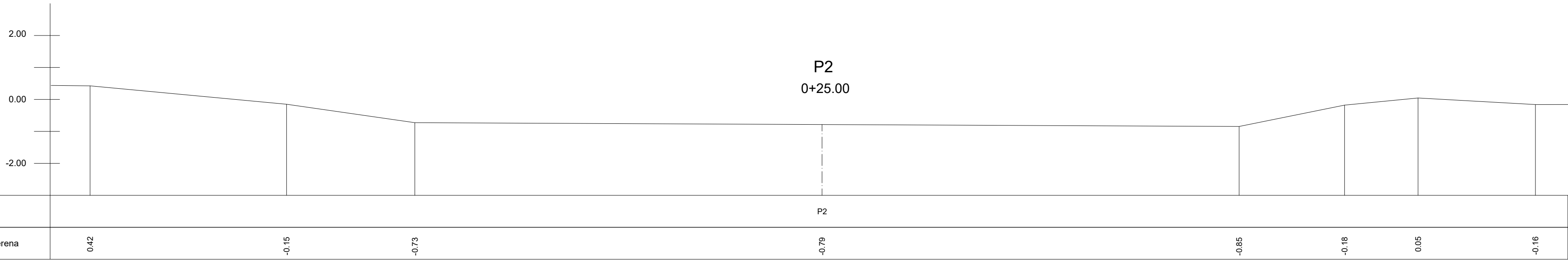
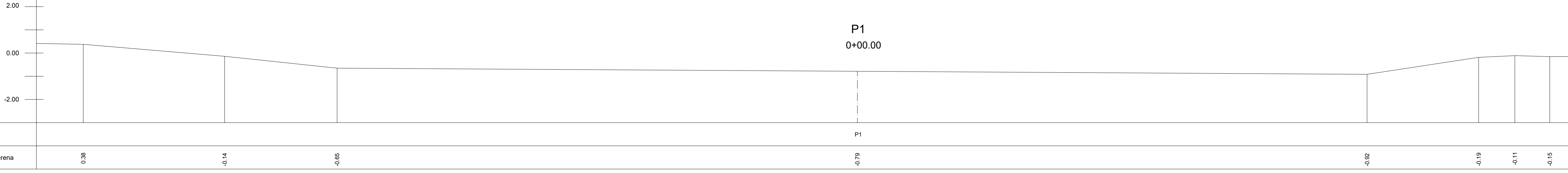
TEMA: HIDRAULIČKI MODEL VRANSKOG JEZERA -  
projektirano stanje

STUDENT: Sanja Radanović

SADRŽAJ: UZDUŽNI PRESJEK - list 3

DATUM: srpanj, 2020.

MJERILO: 1:500/100  
BROJ PRILOGA: 4



PRODUCED BY AN AUTODESK STUDENT VERSION

PRODUCED BY AN AUTODESK STUDENT VERSION

**UCA** SVEUČILIŠTE U SPLITU,  
FAKULTET GRAĐEVINARSTVA,  
ARHITEKTURE I GEODEZIJE

**DIPLOMSKI RAD**

TEMA: HIDRAULIČKI MODEL VRANSKOG JEZERA -  
projekirano stanje

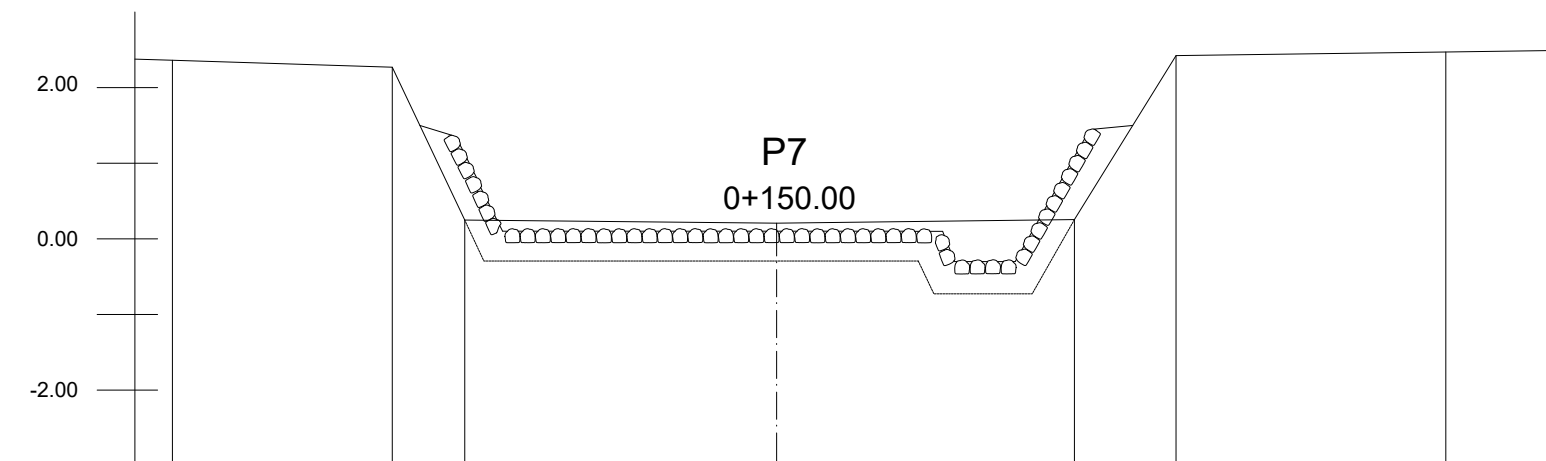
STUDENT: Sanja Radanović

SADRŽAJ: Poprečni presjeci kanala  
Prosika (P1-P6)

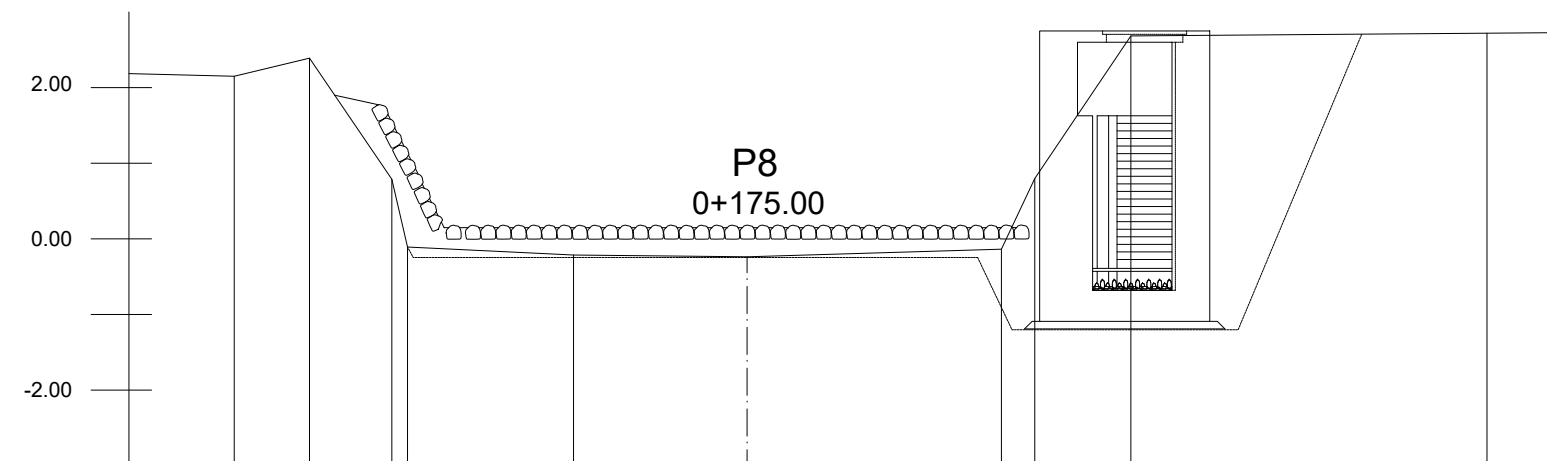
DATUM: srpanj, 2020.

MJERILO: 1:100

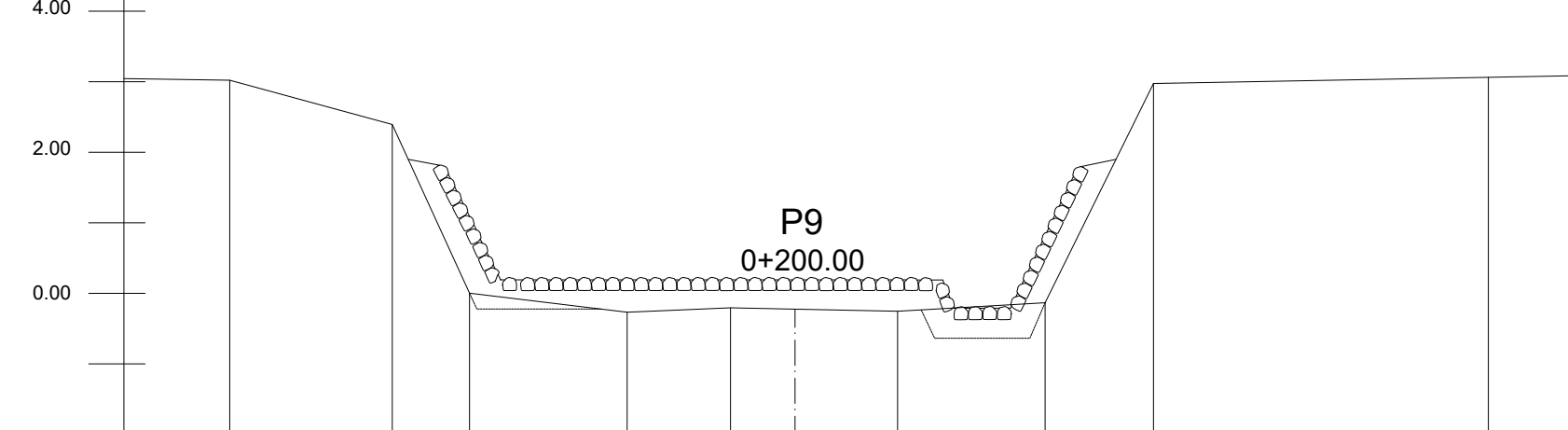
BROJ PRILOGA: 5



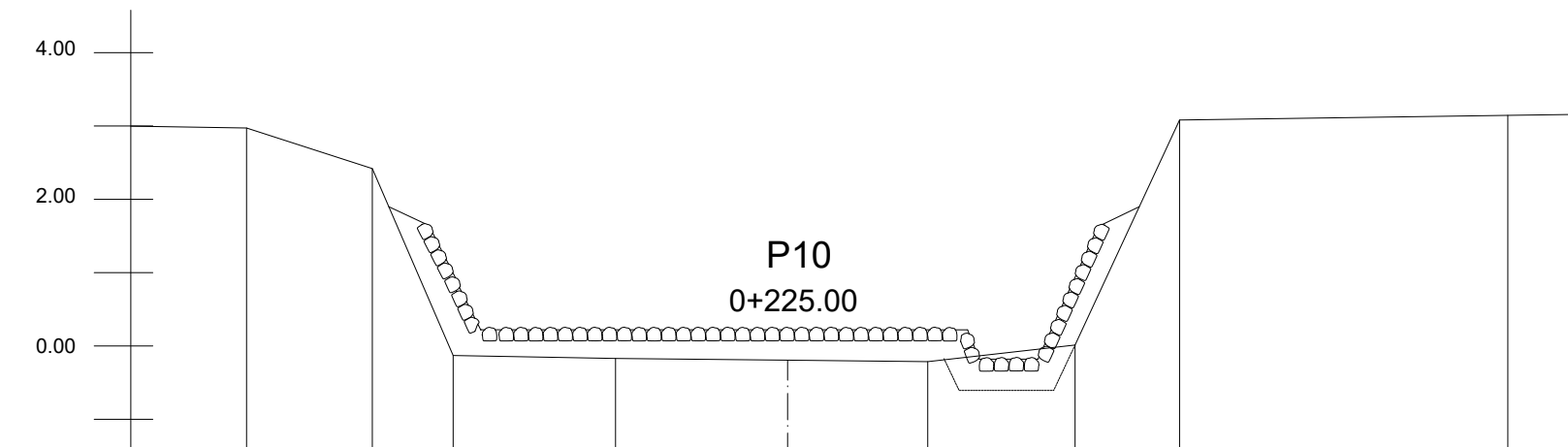
Naziv	P7							
Visina terena	2.36	2.27	0.25	0.21	0.21	0.26	2.42	2.47



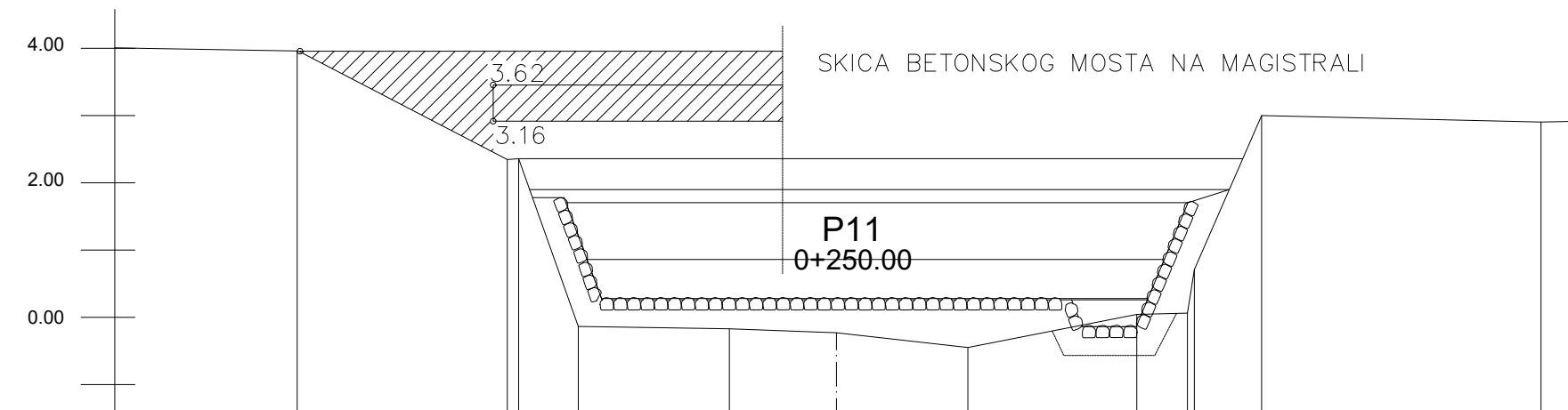
Naziv	P8									
Visina terena	2.15	2.39	0.79	-0.11	-0.21	-0.24	-0.14	0.80	2.88	2.72



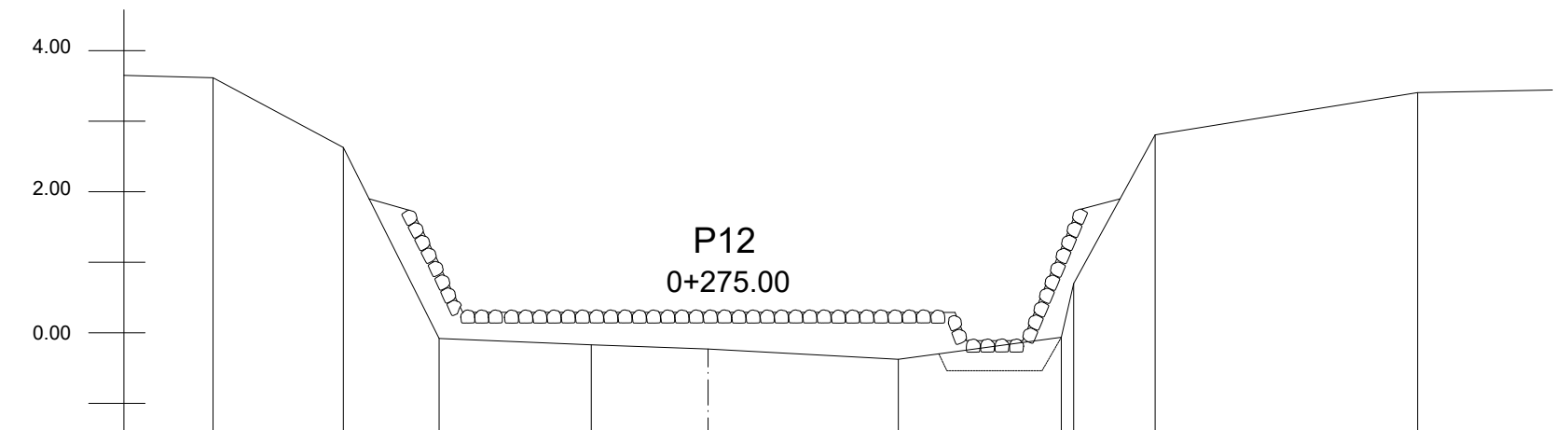
Naziv	P9									
Visina terena	3.02	2.39	0.00	-0.27	-0.20	-0.22	-0.25	-0.13	2.97	3.06



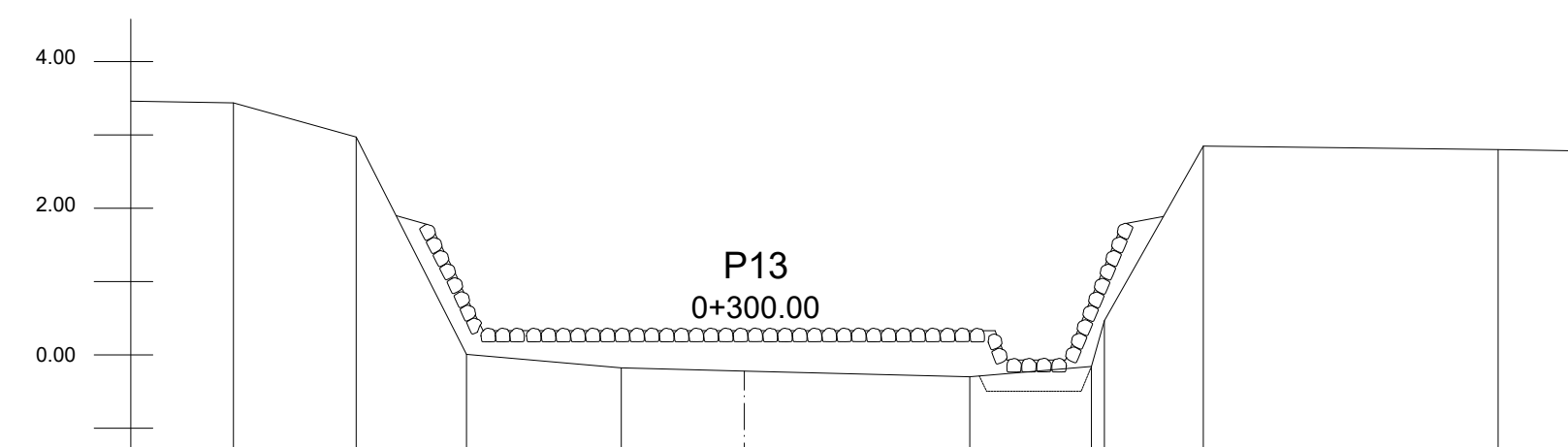
Naziv	P10								
Visina terena	2.97	2.42	-0.13	-0.17	-0.19	-0.21	0.01	3.08	3.14



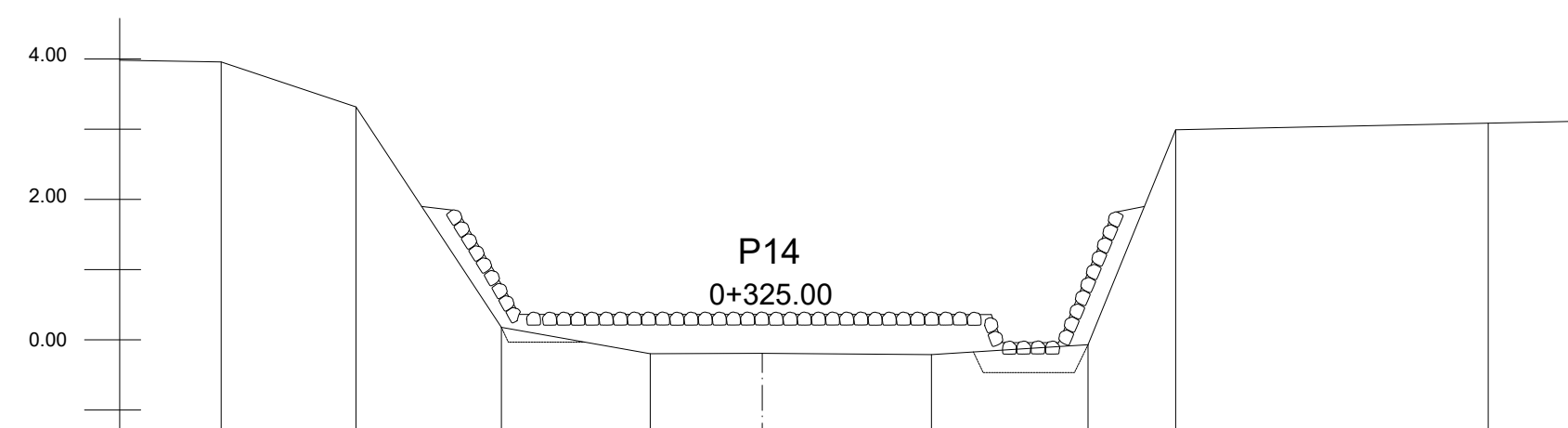
Naziv	P11											
Visina terena	3.96	2.35	2.36	-0.14	-0.17	-0.23	-0.45	0.04	0.06	0.71	3.00	2.90



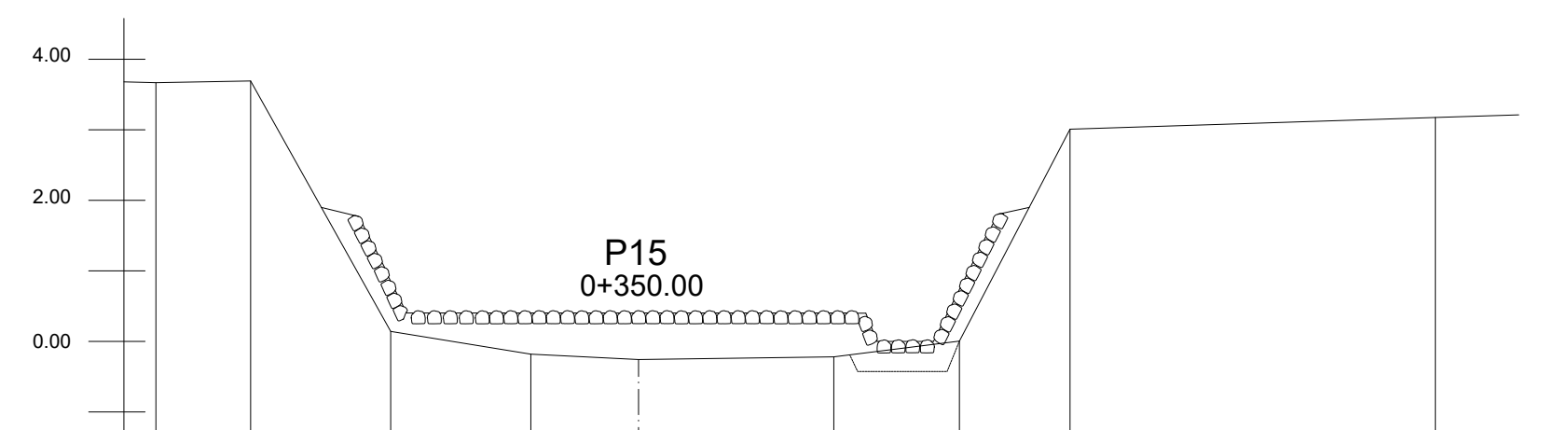
Naziv	P12									
Visina terena	3.62	2.63	-0.08	-0.17	-0.23	-0.38	-0.06	0.70	2.81	3.40




Naziv	P13									
Visina terena	3.44	2.97	0.01	-0.18	-0.22	-0.30	-0.16	0.47	2.85	2.80

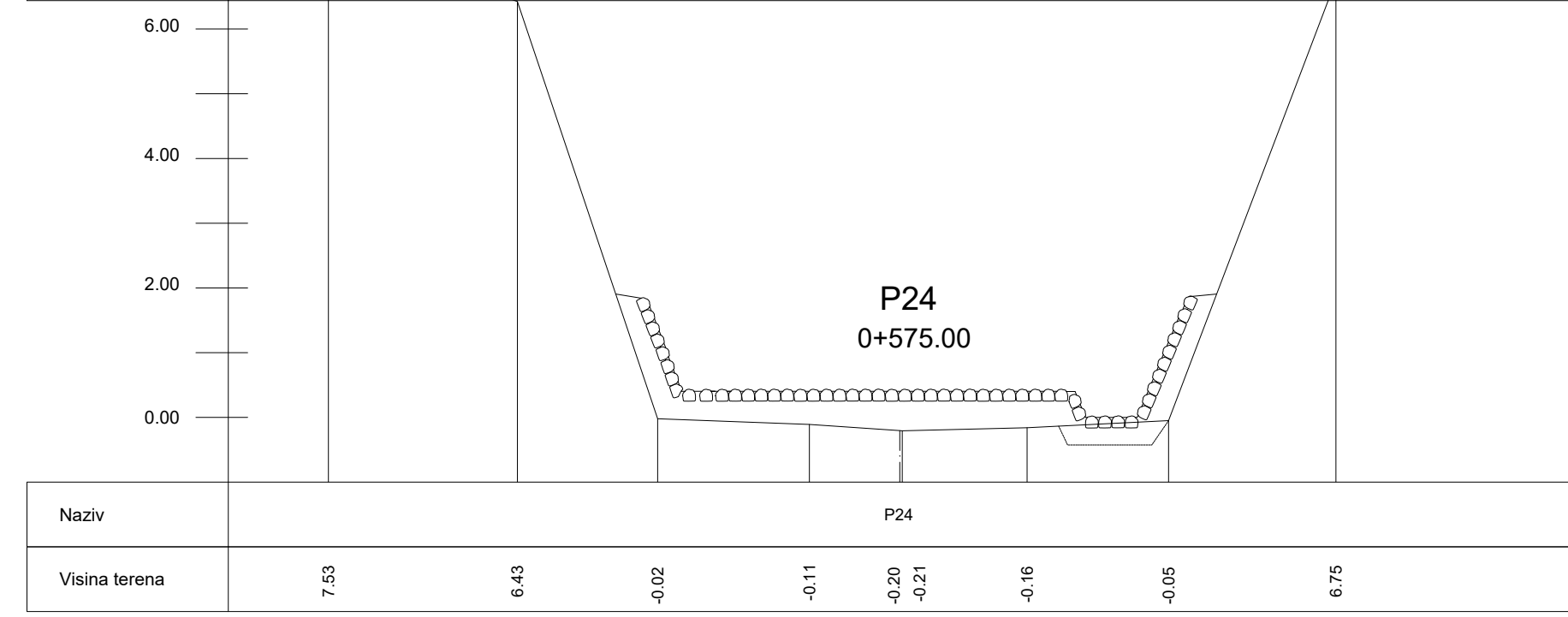
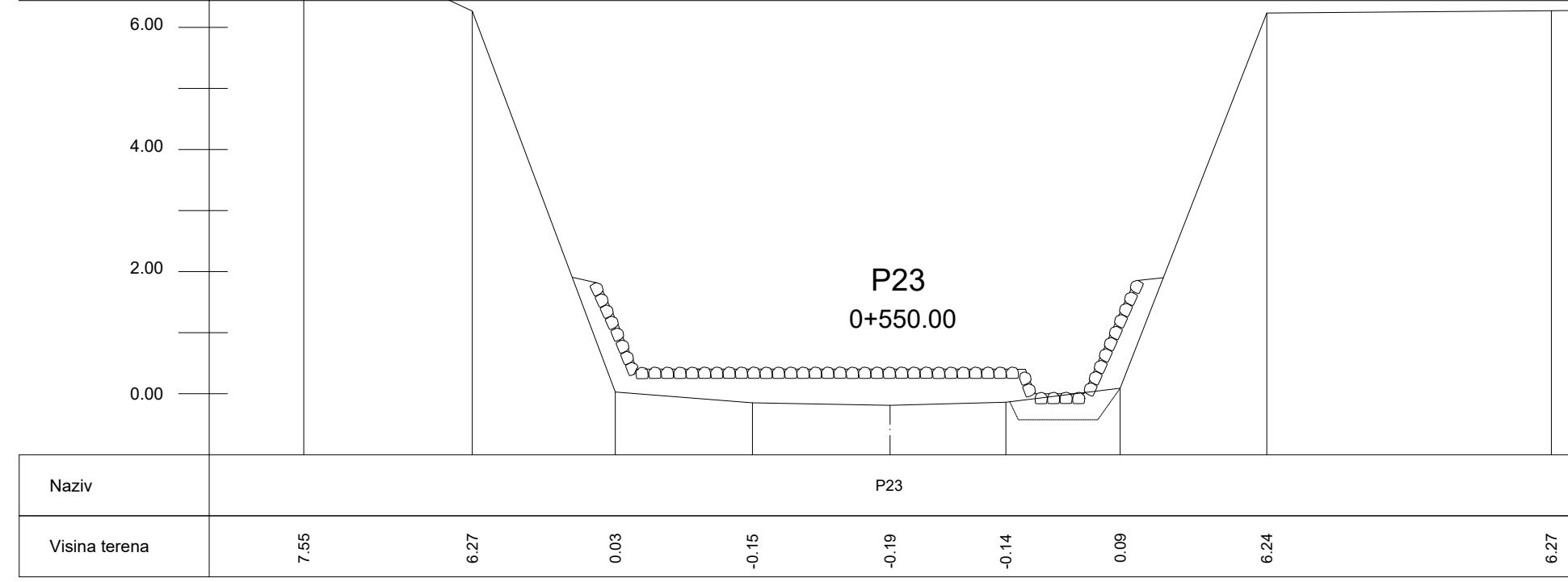
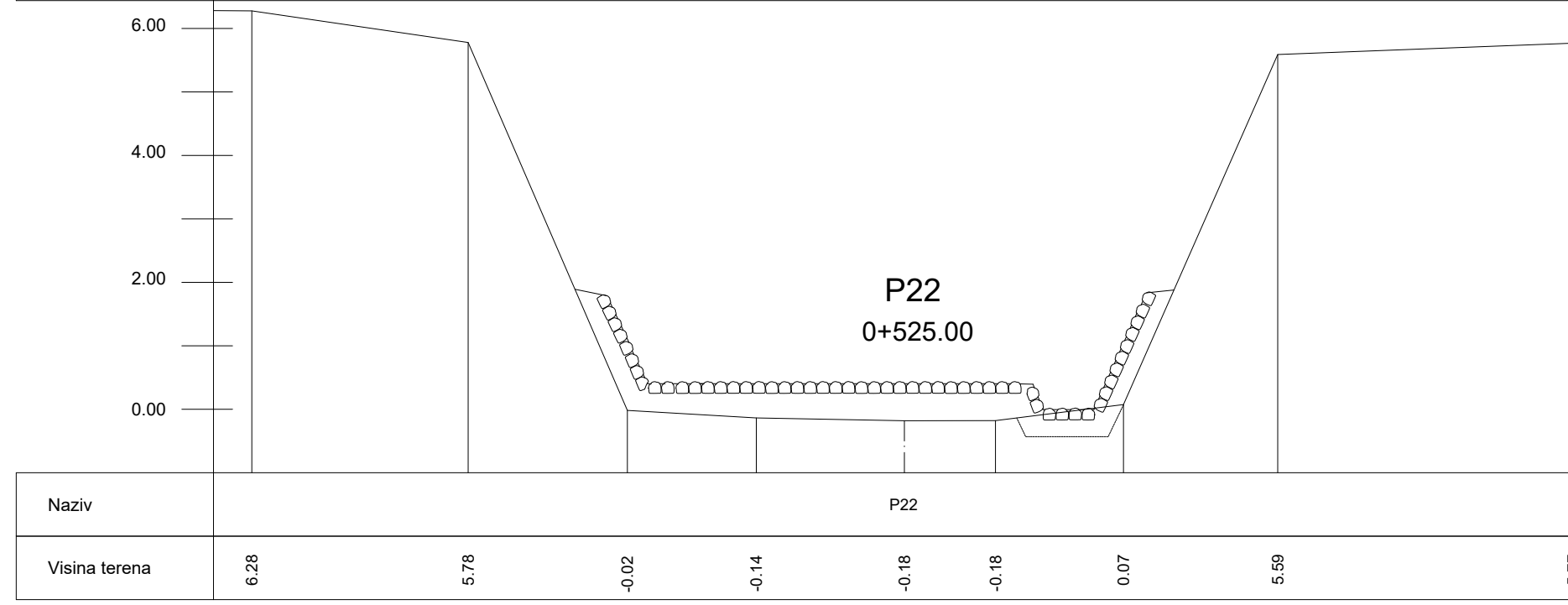
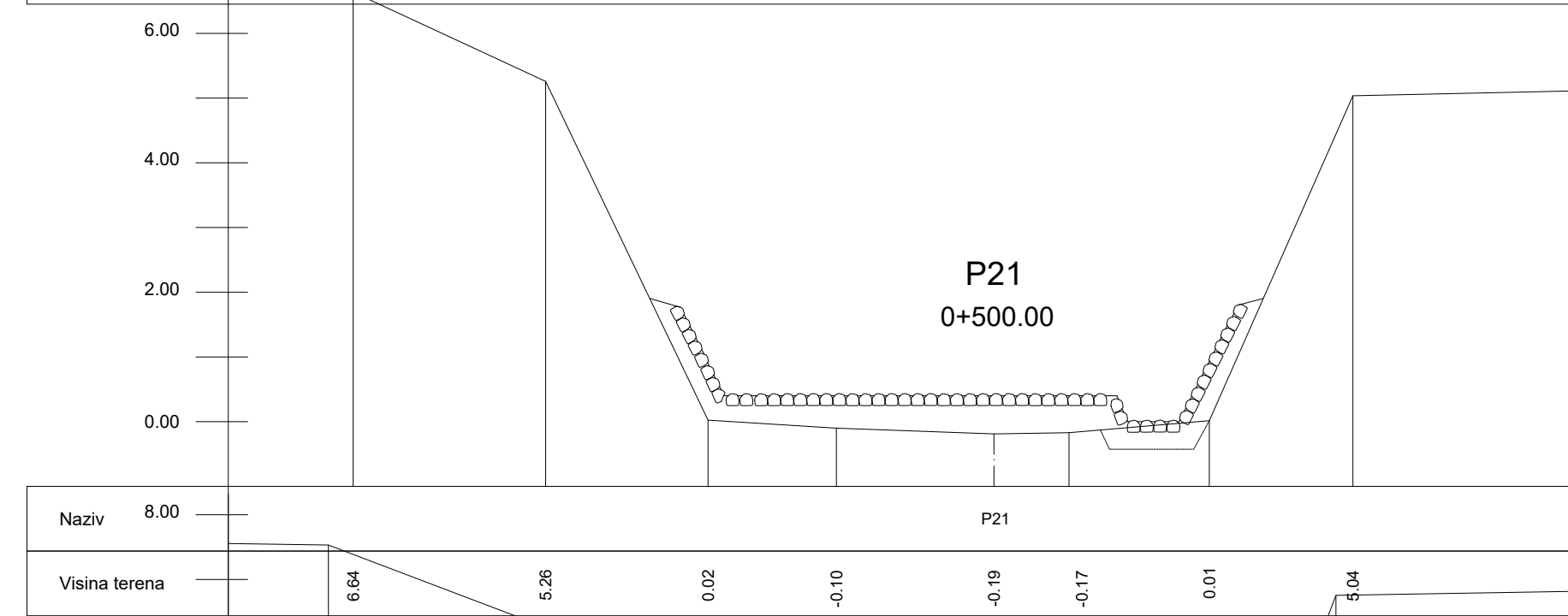
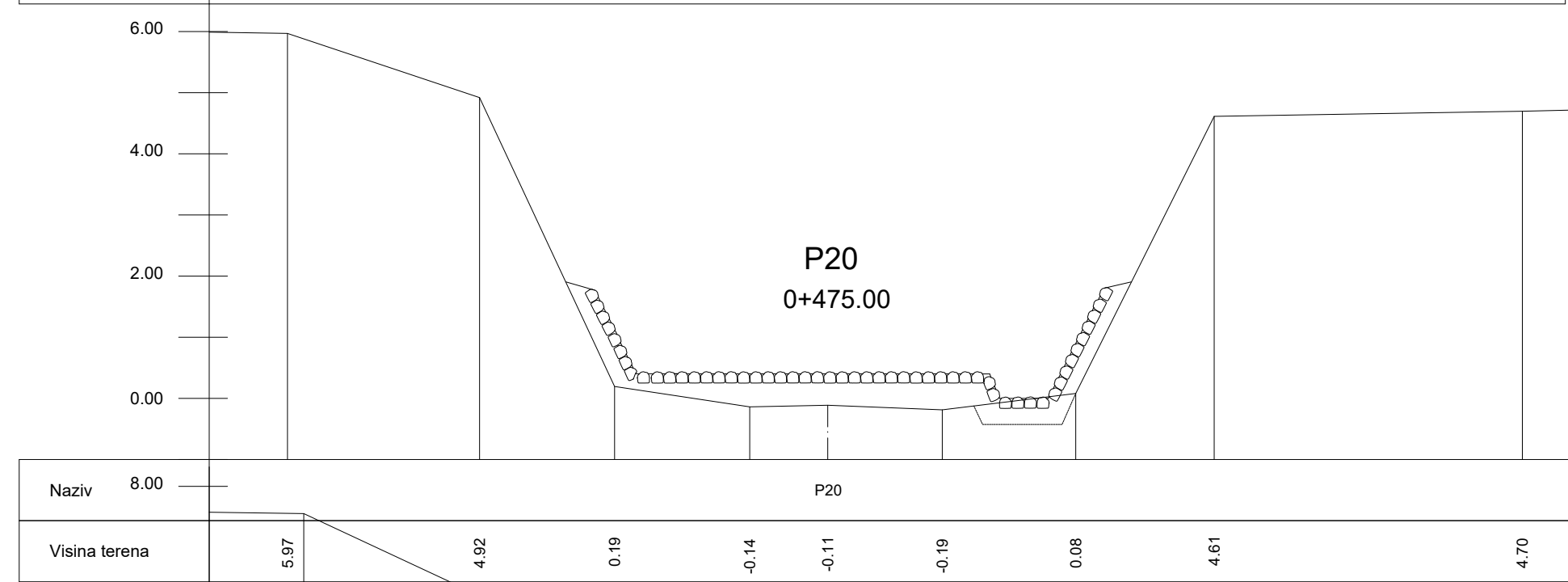
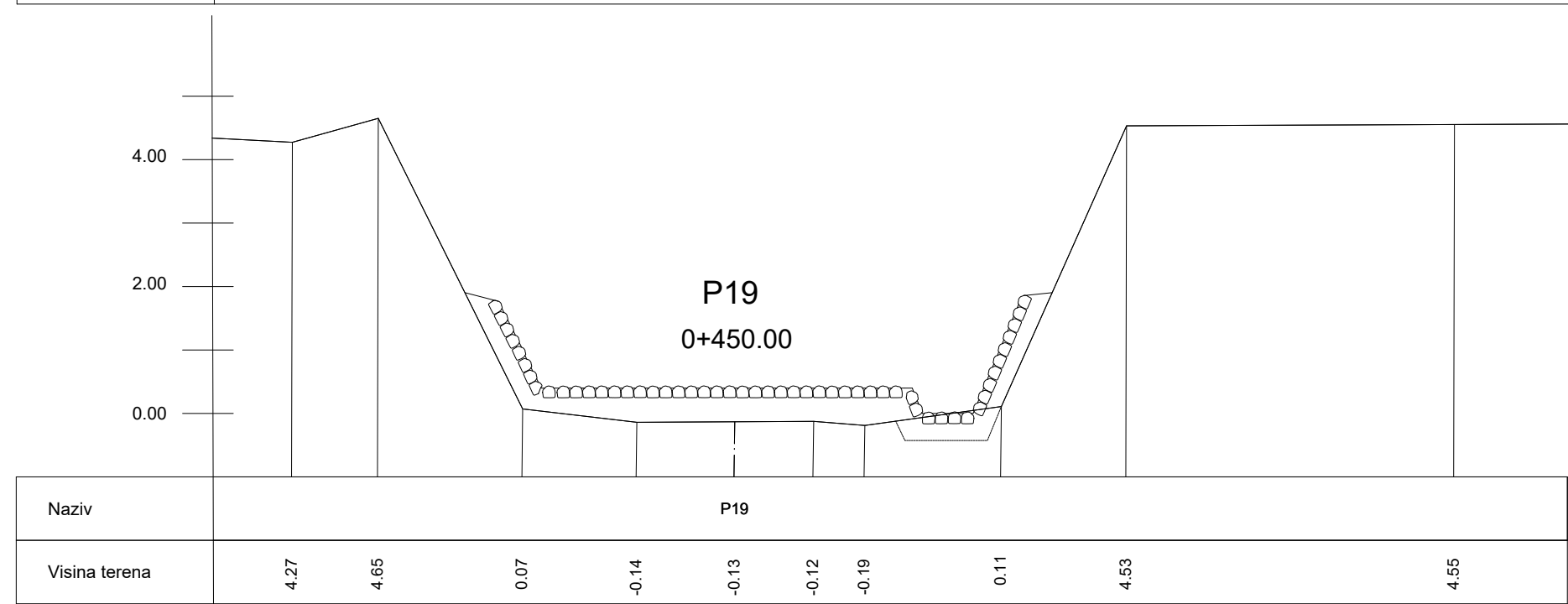
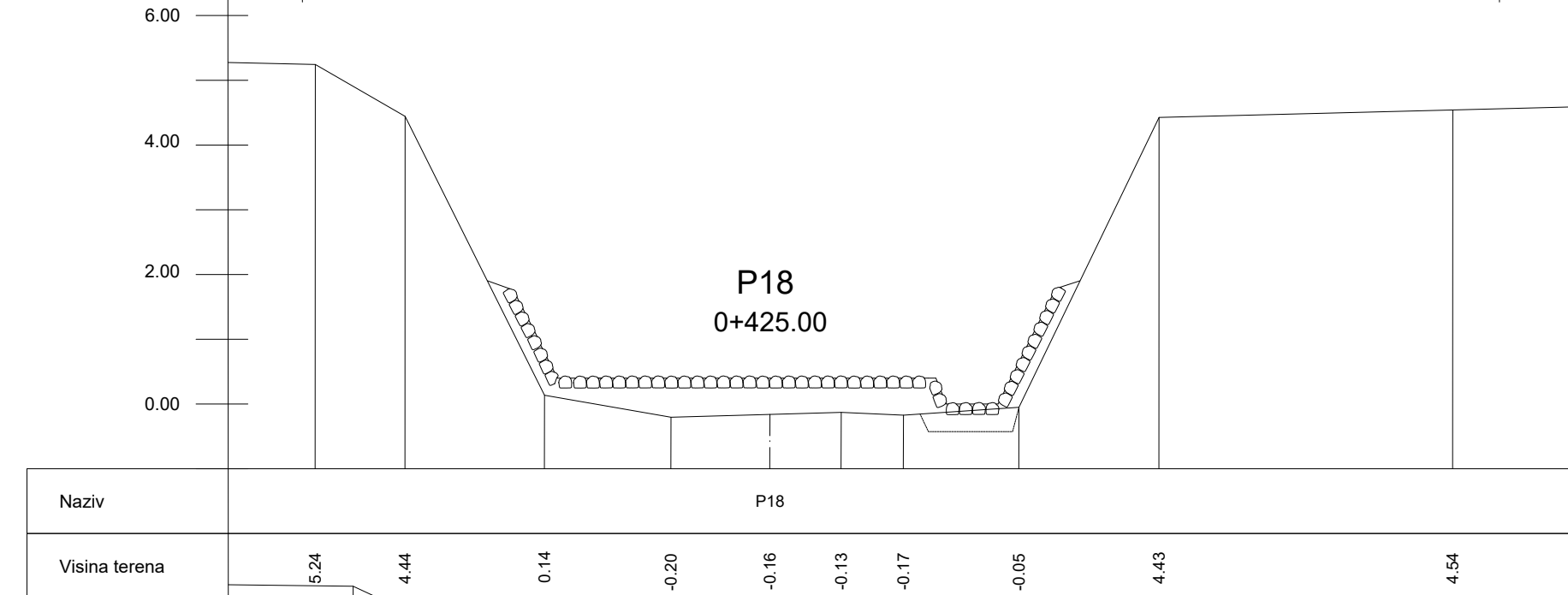
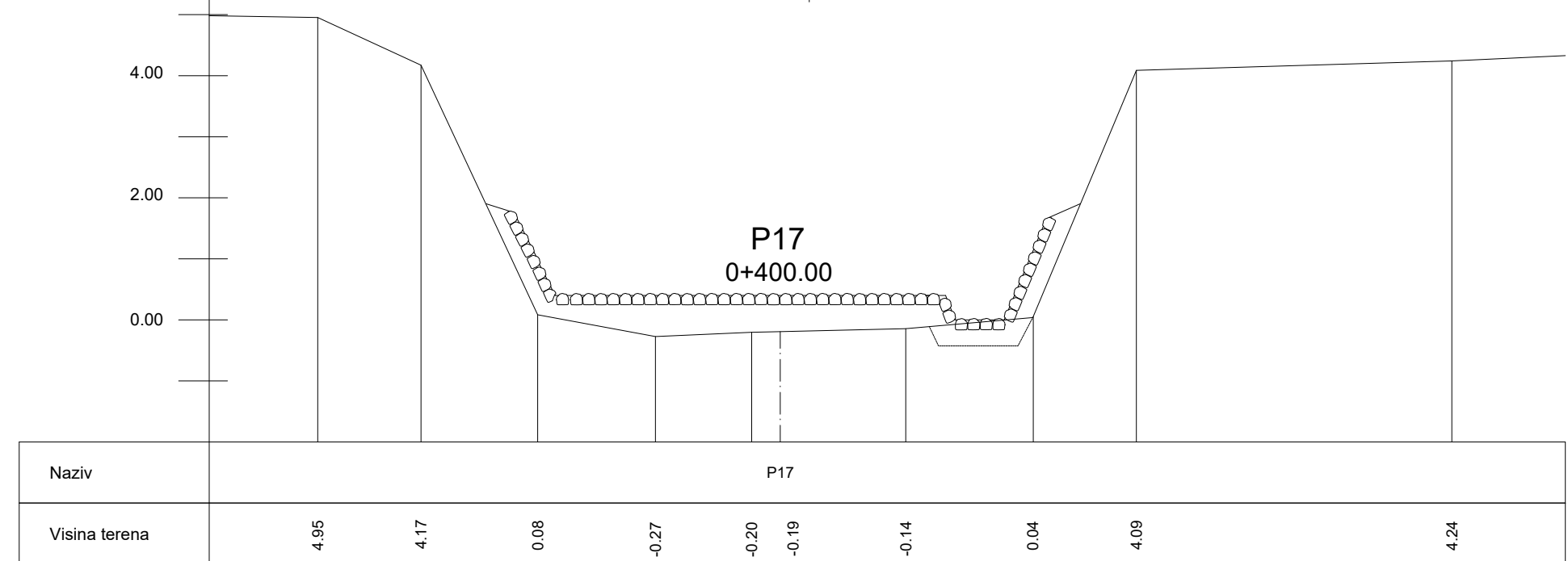
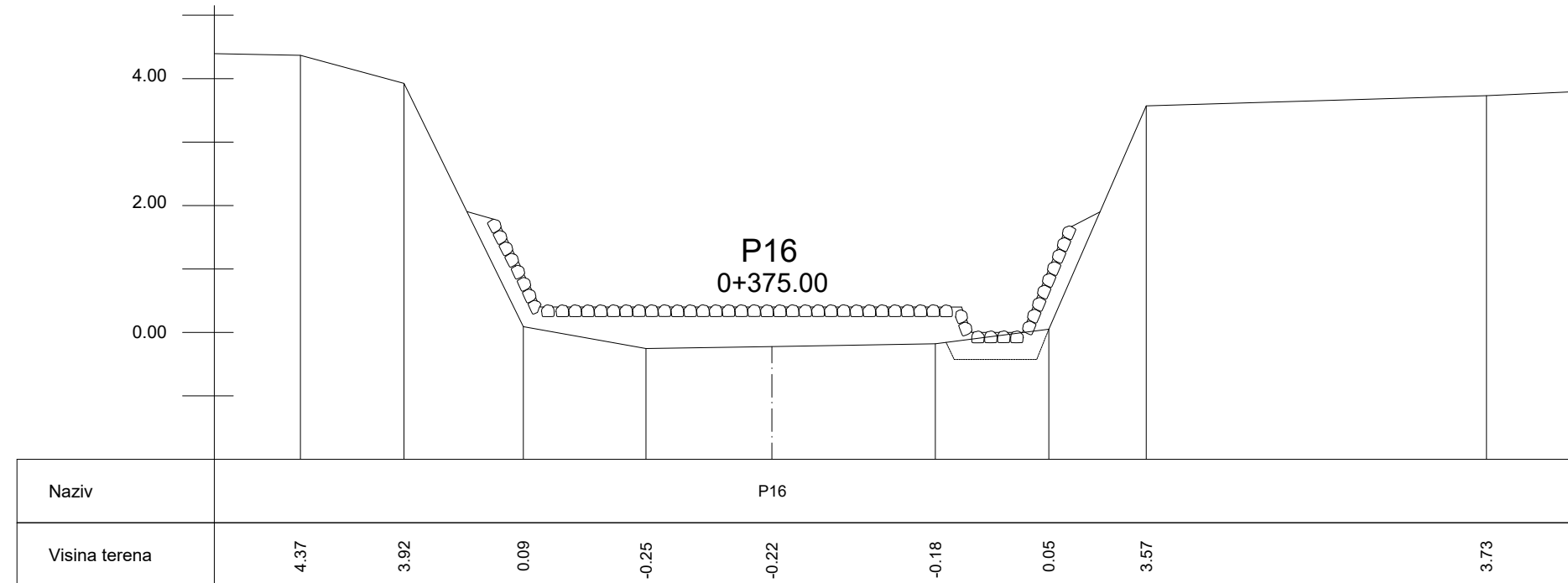



Naziv	P14								
Visina terena	3.96	3.32	0.18	-0.20	-0.19	-0.21	-0.07	2.99	3.09



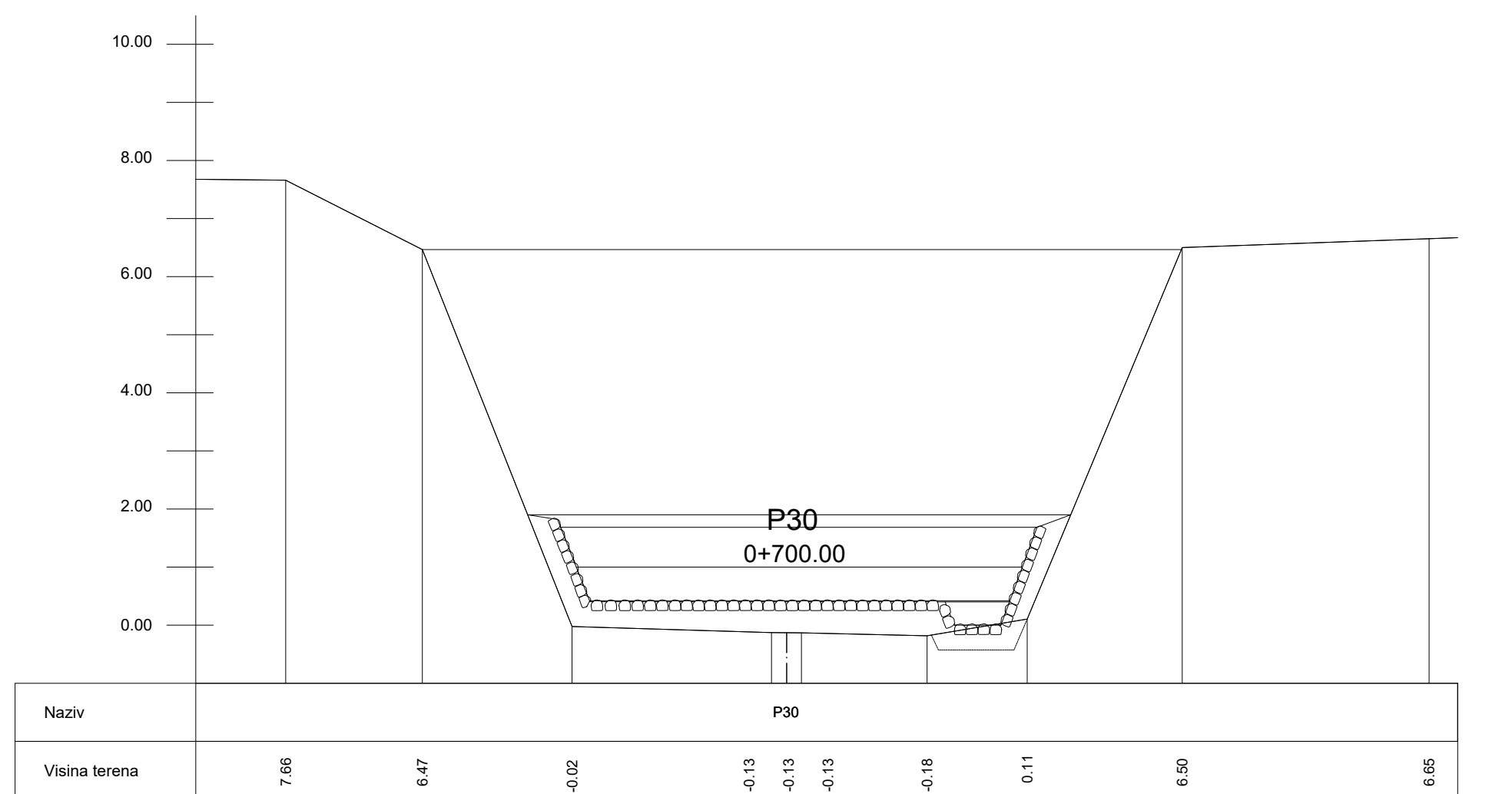
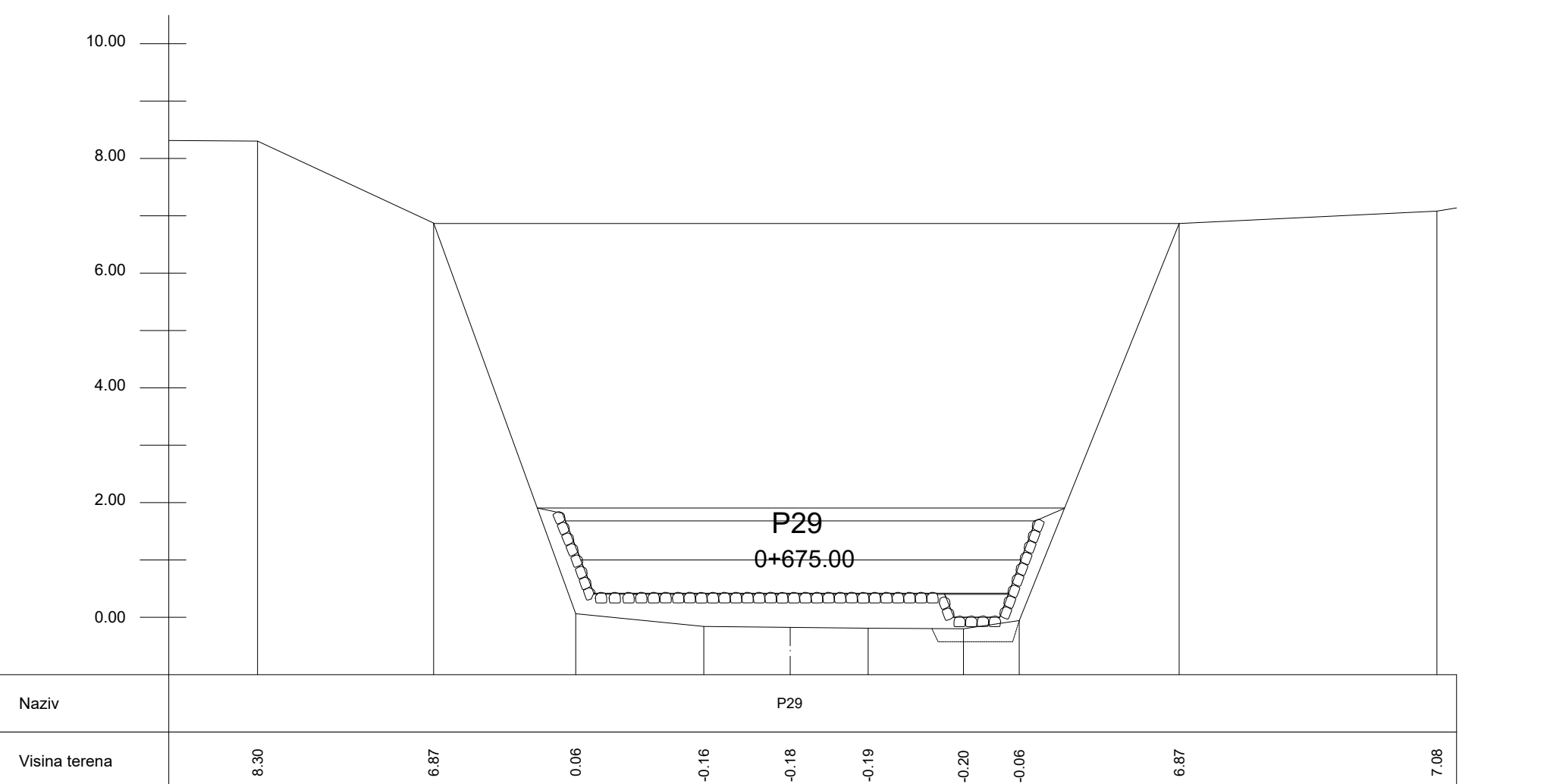
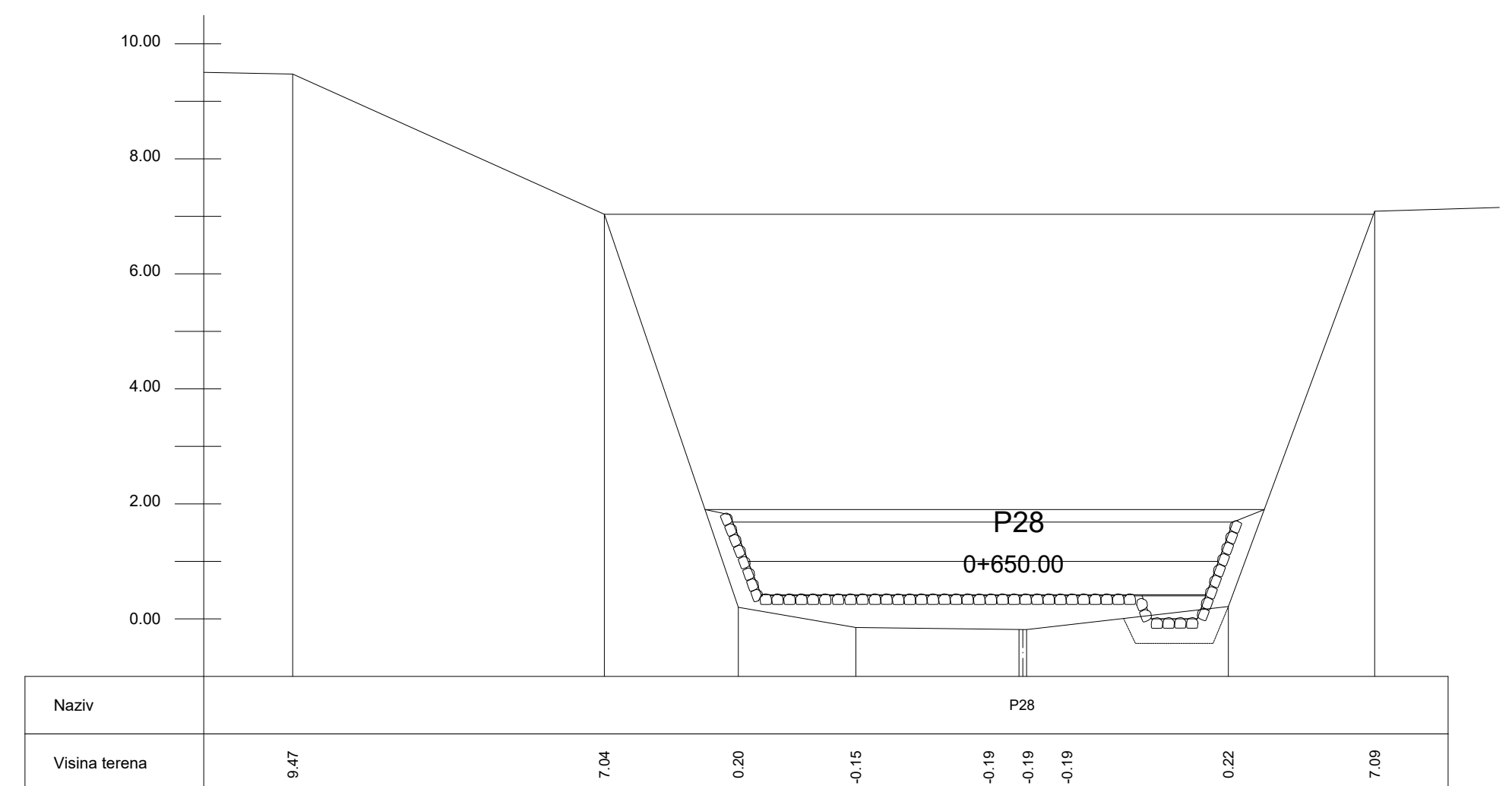
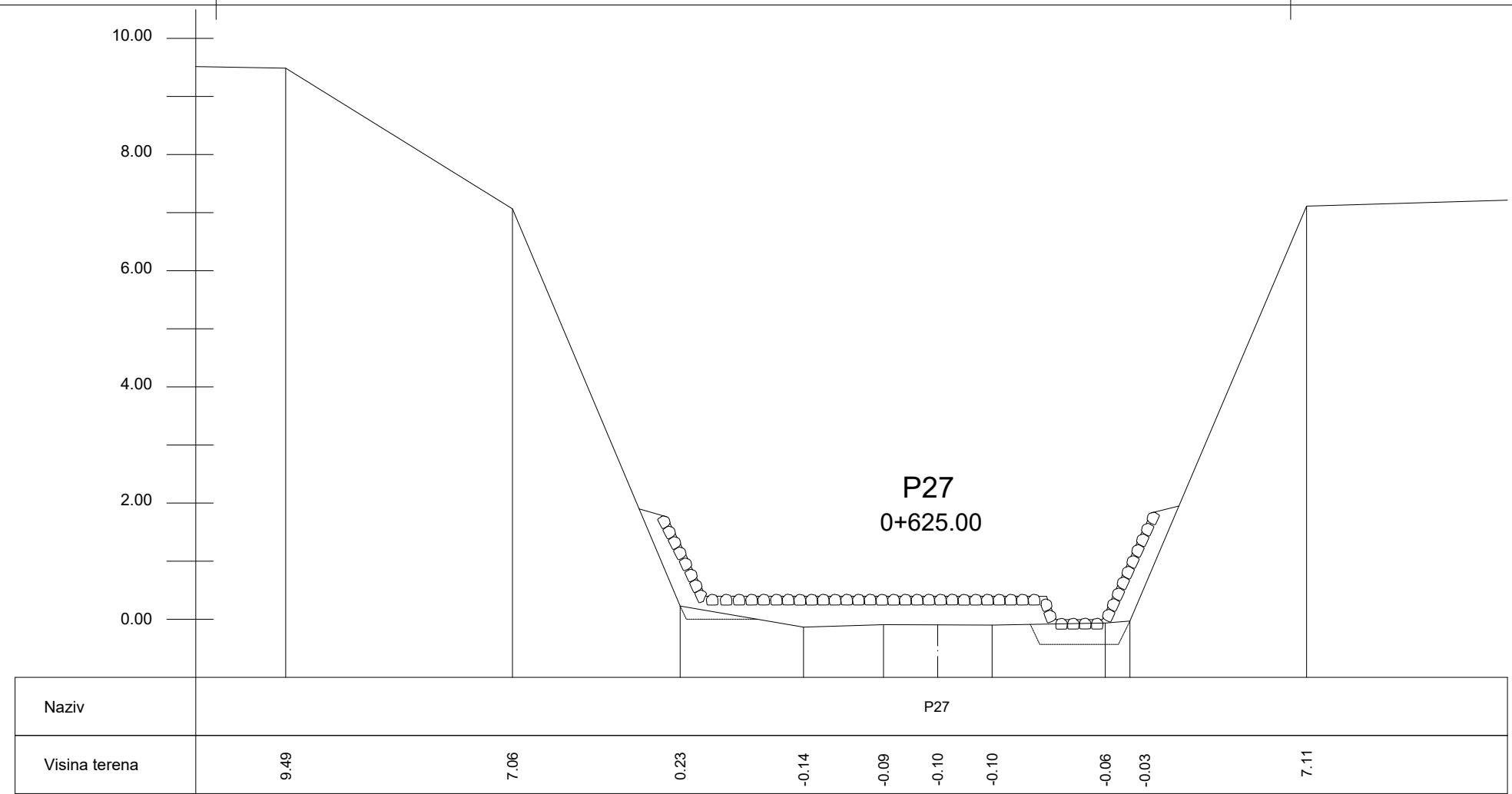
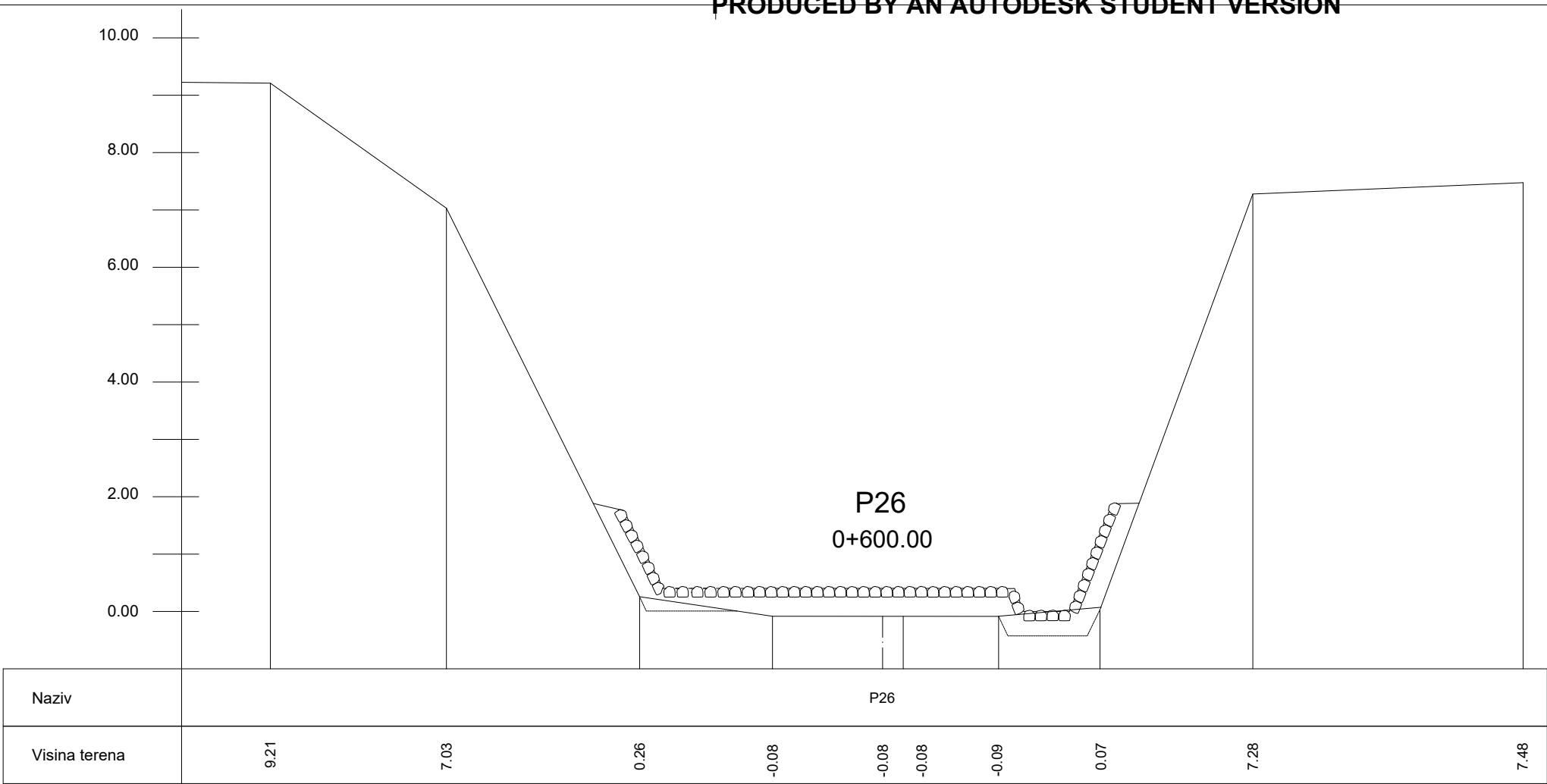
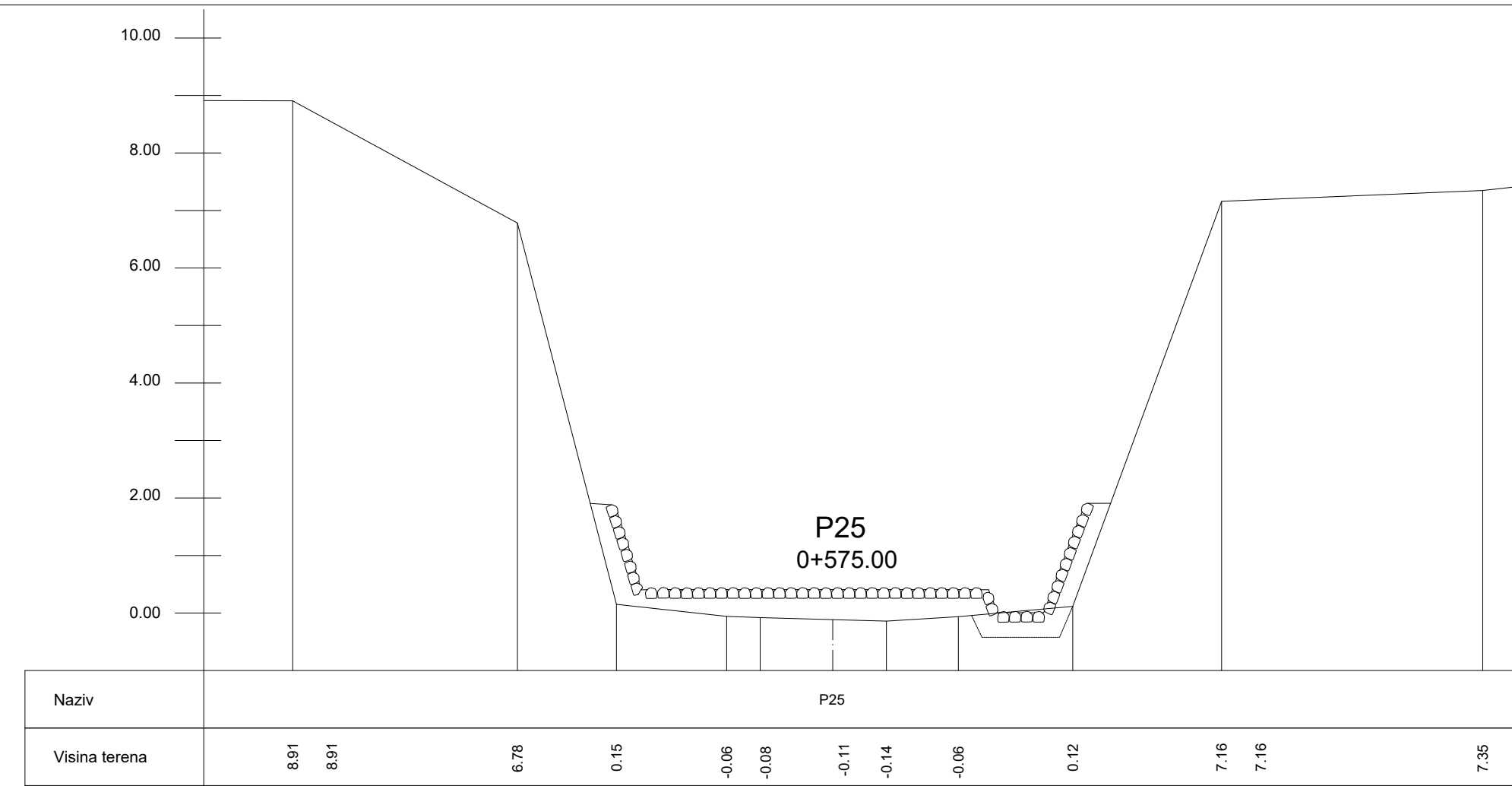
Naziv	P15								
Visina terena	3.67	3.69	0.14	-0.16	-0.26	-0.22	0.00	3.01	3.17

		
<b>DIPLOMSKI RAD</b>		
TEMA: HIDRAULIČKI MODEL VRANSKOG JEZERA - projektirano stanje		
STUDENT: Sanja Radanović		
SADRŽAJ	Poprečni presjeci kanala Prosika (P7-P15)	MJERILO: 1:100 BROJ PRILOGA: 6
DATUM	srpanj, 2020.	



		
<b>DIPLOMSKI RAD</b>		
TEMA: HIDRAULIČKI MODEL VRANSKOG JEZERA - projektirano stanje		
STUDENT: Sanja Radanović		
SADRŽAJ	Poprečni presjeci kanala Prosika (P16-P24)	MJERILO BROJ PRILOGA
DATUM	srpanj, 2020.	1:100 7





**UCA** SVEUČILIŠTE U SPLITU,  
 FAKULTET GRAĐEVINARSTVA,  
 ARHITEKTURE I GEODEZIJE

**DIPLOMSKI RAD**

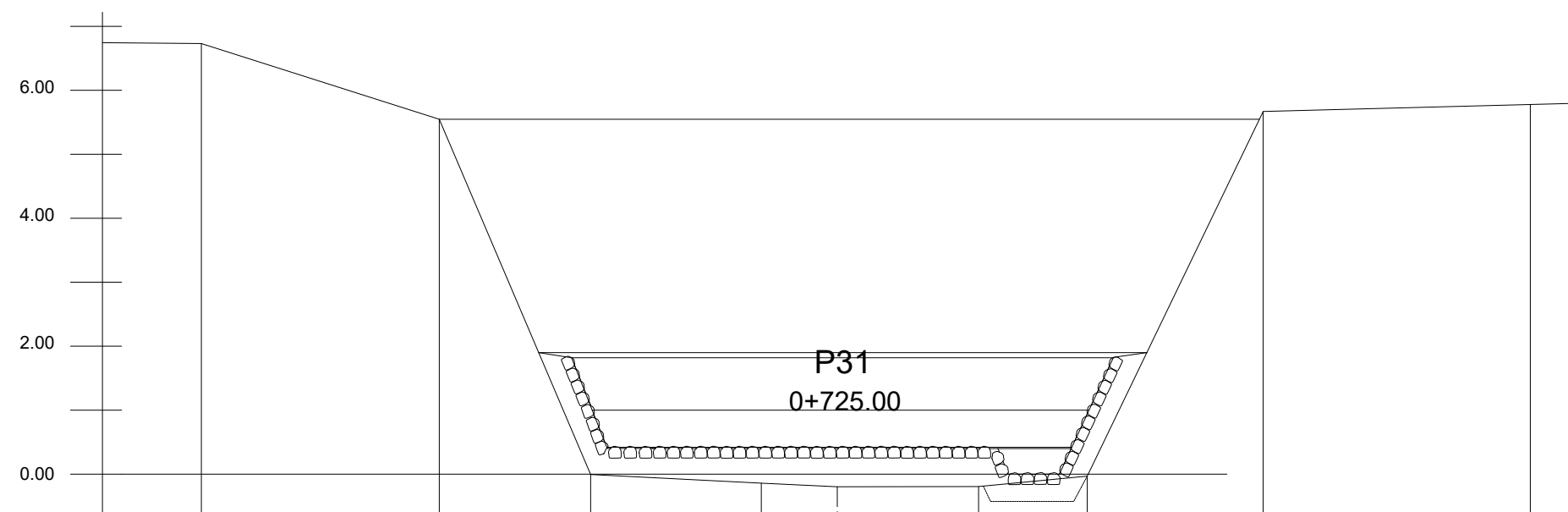
TEMA: HIDRAULIČKI MODEL VRANSKOG JEZERA -  
 projektirano stanje

STUDENT: Sanja Radanović

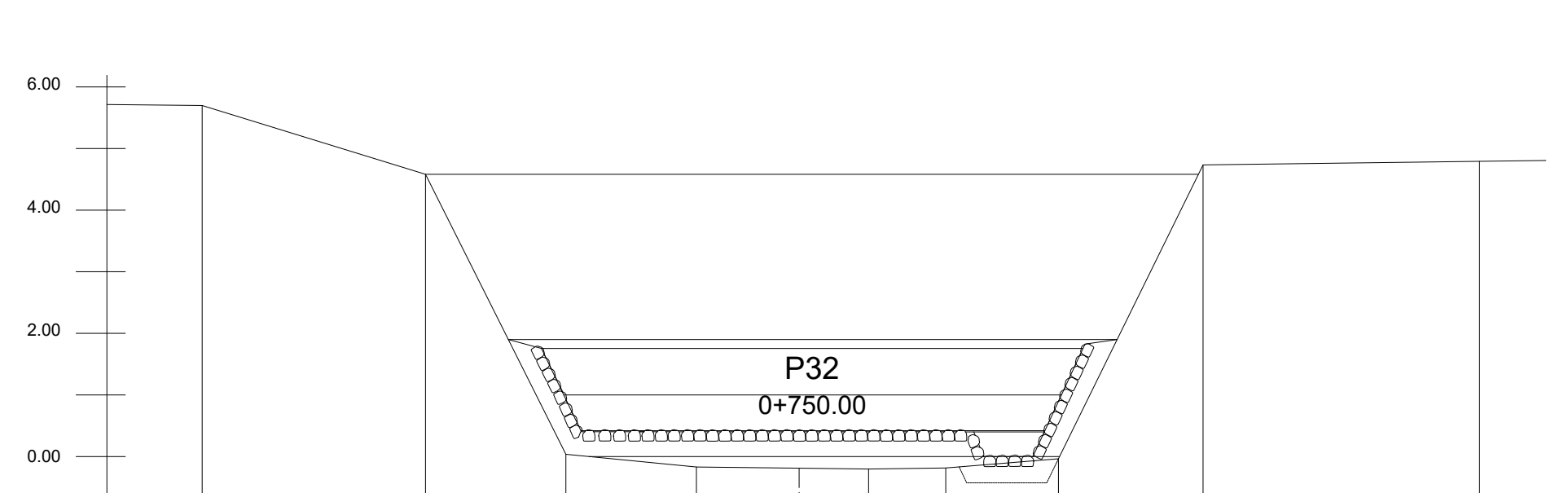
SADRŽAJ: Poprečni presjeci kanala  
 Prosika (P25-P30)

DATUM: srpanj, 2020.

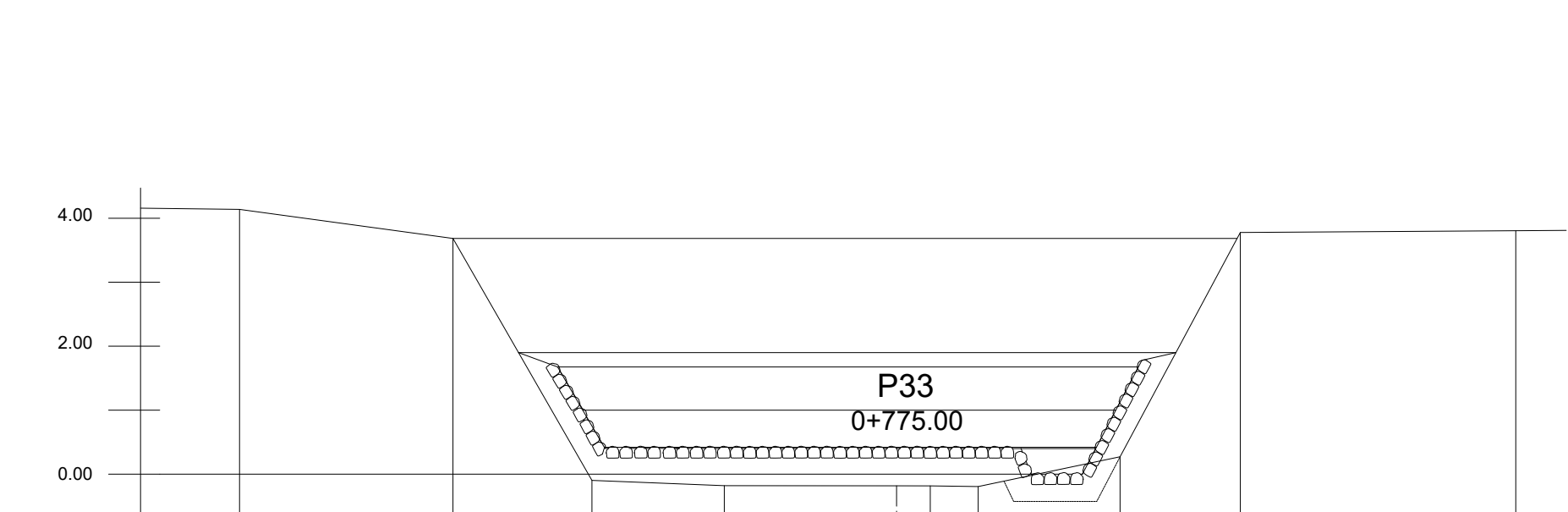
MJERILO: 1:100  
 BROJ PRILOGA: 8



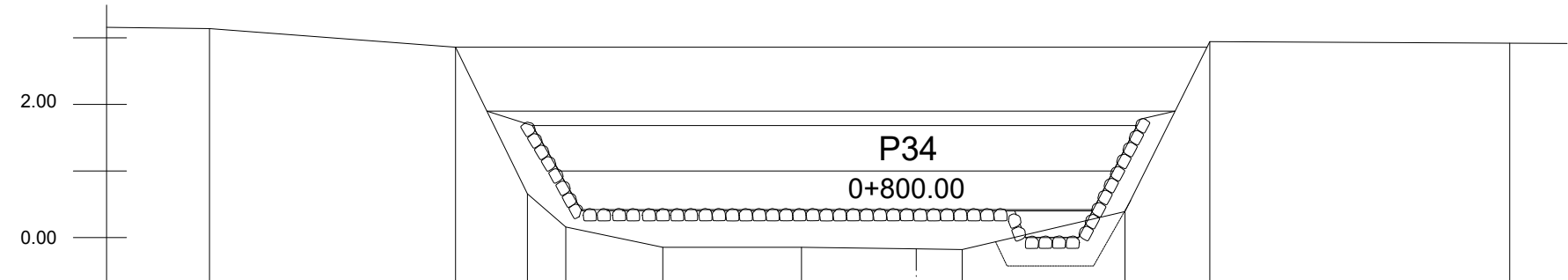
Naziv	P31										
Visina terena	6.73	5.55	-0.01	-0.14	-0.20	-0.19	-0.03	5.67	5.78		



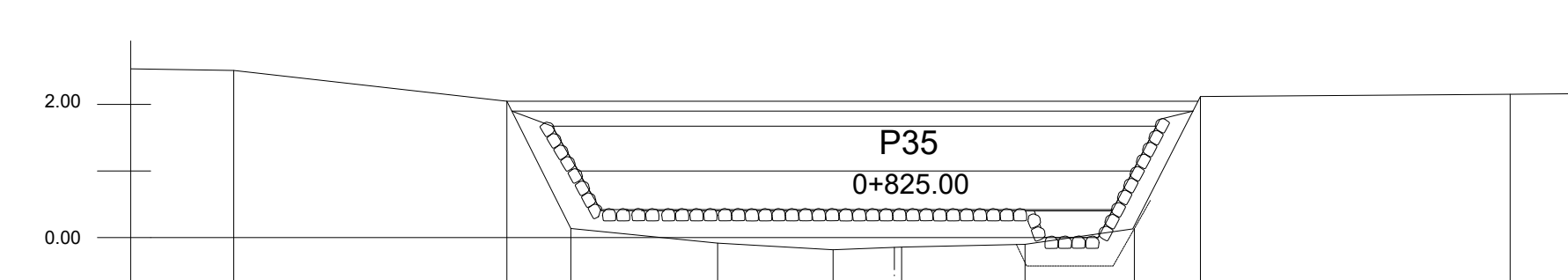
Naziv	P32									
Visina terena	5.70	4.58	0.04	-0.17	-0.19	-0.20	-0.19	-0.04	4.73	4.79



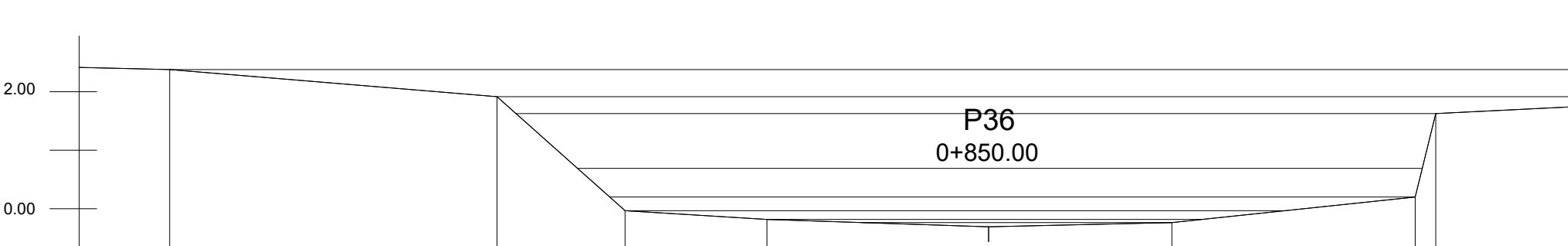
Naziv	P33									
Visina terena	4.14	3.68	-0.10	-0.18	-0.18	-0.18	-0.19	0.27	3.78	3.80



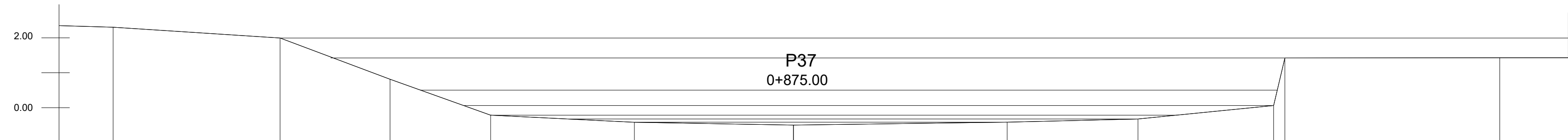
Naziv	P34										
Visina terena	3.14	2.88	0.68	0.16	-0.15	-0.15	-0.17	-0.18	0.39	2.94	2.92



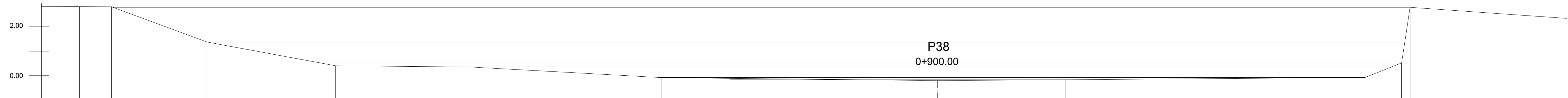
Naziv	P35										
Visina terena	2.51	2.05	0.14	-0.08	-0.18	-0.15	-0.14	-0.10	0.13	2.12	2.15



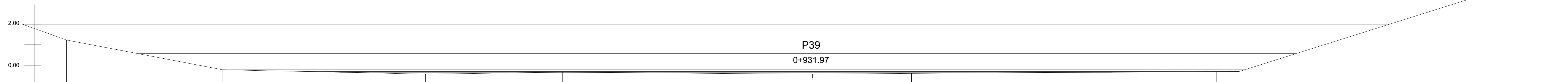
Naziv	P36									
Visina terena	2.38	1.92	-0.03	-0.18	-0.31	-0.24	0.20	1.63		




Naziv	P37										
Visina terena	2.30	1.99	0.81	-0.21	-0.42	-0.50	-0.41	-0.32	0.08	1.42	1.43

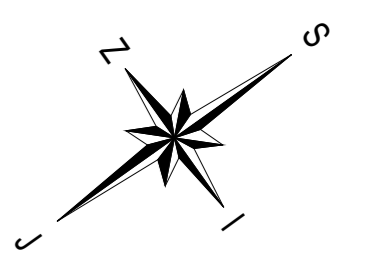


Naziv	P38											
Visina terena	1.82	1.82	0.38	-0.59	-0.65	-1.08	-1.20	-1.17	-1.07	-0.46	1.79	1.40



Naziv	P39										
Visina terena	0.23	-1.22	-1.43	-1.34	-1.43	-1.39	-1.31				

		SVEUČILIŠTE U SPLITU, FAKULTET GRAĐEVINARSTVA, ARHITEKTURE I GEODEZIJE	
<b>DIPLOMSKI RAD</b>			
TEMA	HIDRAULIČKI MODEL VRANSKOG JEZERA - projektirano stanje		
STUDENT	Sanja Radanović		
SADRŽAJ	Poprečni presjeci kanala Prosika (P31-P39)	MJERILO	1:100
DATUM	srpanj, 2020.	BROJ PRILOGA	9



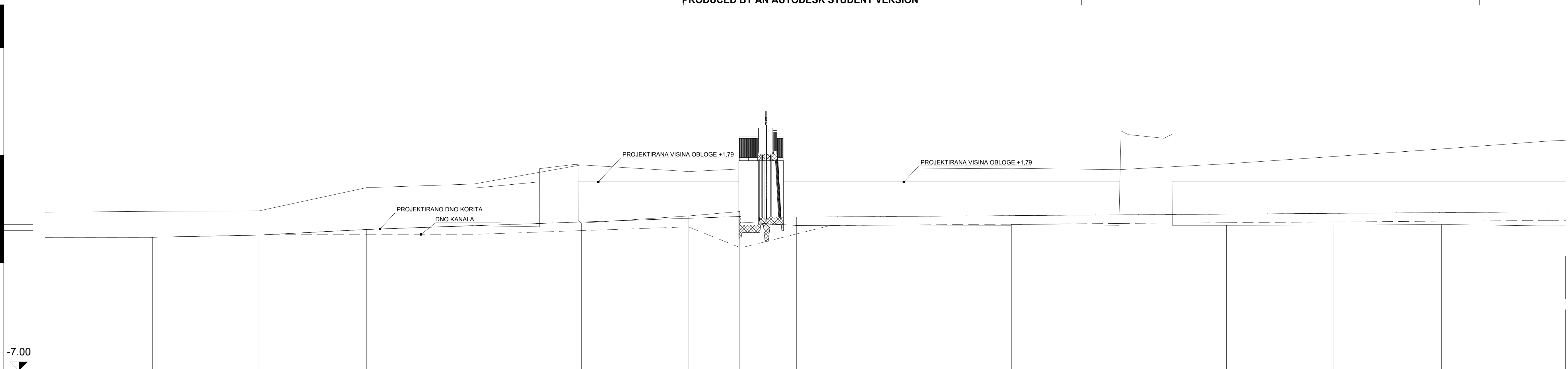
		
<b>DIPLOMSKI RAD</b>		
TEMA	HIDRAULIČKI MODEL VRANSKOG JEZERA - novo projektirano stanje	
STUDENT	Sanja Radanović	
SADRŽAJ	SITUACIJA ZA NOVO PROJEKTIRANO STANJE	MJERILO BROJ PRILOGA 1:1000 10
DATUM	srpanj, 2020.	

8.00

3.00

-2.00

-7.00



Naziv	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	C139	C131	P8	P9	P10	P11	P12	P13	P14	P15
Visina terena u osi [m n.m.]	-0.79	-0.79	-0.69	-0.42	-0.25	-0.13	0.21	0.41	-0.08	-0.24	-0.22	-0.19	-0.23	-0.23	-0.22	-0.19	-0.26
Visina obala kanala [m n.m.]	0.38	0.42	0.44	1.52	1.69	2.58	2.27	2.39	2.39	2.39	2.39	2.42	2.36	2.63	2.97	3.32	3.69
Visina obloge kanala [m n.m.]					1.50	1.79	1.79	1.79	1.79	1.79	1.79	1.79	1.79	1.79	1.79	1.79	1.79
Visina nivelete kanala [m n.m.]	-0.79	-0.79	-0.69	-0.42	-0.25	-0.08	0.10	0.18	-0.22	0.15	0.19	0.22	0.26	0.29	0.33	0.36	0.40
Niveleta malog kanala [m n.m.]				-0.65	-0.65	-0.48	-0.31	-1.24	-1.24	-0.63	-0.24	-0.18	-0.14	-0.11	-0.07	-0.04	0.00
Dubina nivelete [m]	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	-0.05	0.11	0.23	-0.23	-0.39	-0.41	-0.41	-0.49	-0.52	-0.55	-0.55	-0.65
Duljina dionice [m]		25.00	24.80	25.00	25.00	25.00	25.00	11.90	13.10	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00
Pad [%]		0.00	0.40	1.05	0.69	0.70			0.00				0.14				
Stacionaže čvorova	000+000	000+025	000+050	000+075	000+100	000+125	000+150	000+162	000+175	000+200	000+225	000+250	000+275	000+300	000+325	000+350	
Duljina/Pad dionica		25.00 m	24.80 m	25.00 m	25.00 m	61.90 m		13.10 m	175.00 m								0.14 %

**SVEUČILIŠTE U SPLITU,**  
**FAKULTET GRAĐEVINARSTVA,**  
**ARHITEKTURE I GEODEZIJE**

**DIPLOMSKI RAD**

TEMA: HIDRAULIČKI MODEL VRANSKOG JEZERA - novo projektirano stanje

STUDENT: Sanja Radanović

SADRŽAJ: UZDUŽNI PRESJEK - list 1

DATUM: srpanj, 2020.

MJERILO: 1:500/100

BROJ PRILOGA: 11

8.00

3.00

-2.00

-7.00

TLAČNI CJEVOVOD  
000+369.50

PROJEKTIRANA VISINA OBLOGE +1.79

PROJEKTIRANO DNO KORITA

DNO KANALA

Naziv	P15	P16	P17	P18	P19	P20	P21	P22	P23	P24	P25	P26	P27	P28	P29
Visina terena u osi [m n.m.]	-0.26	-0.22	-0.19	-0.16	-0.13	-0.11	-0.19	-0.18	-0.19	-0.20	-0.11	-0.08	-0.10	-0.19	-0.18
Visina obala kanala [m n.m.]	3.69	3.92	4.17	4.44	4.65	4.92	5.26	5.78	6.27	6.43	6.78	7.03	7.06	7.04	6.87
Visina obloge kanala [m n.m.]	1.79	1.79	1.79	1.79	1.79	1.79	1.79	1.79	1.79	1.79	1.79	1.79	1.79	1.79	1.79
Visina nivelete kanala [m n.m.]	0.40	0.40	0.40	0.40	0.40	0.40	0.40	0.40	0.40	0.40	0.40	0.40	0.40	0.40	0.40
Niveleta malog kanala [m n.m.]	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Dubina nivelete [m]	-0.65	-0.62	-0.59	-0.56	-0.53	-0.51	-0.59	-0.58	-0.59	-0.60	-0.51	-0.48	-0.49	-0.58	-0.57
Duljina dionice [m]	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00
Pad [%]	0.00														
Stacionaže čvorova	000+350	000+375	000+400	000+425	000+450	000+475	000+500	000+525	000+550	000+575	000+600	000+625	000+650	000+675	000+700
Duljina/Pad dionica	525.00 m 0.00 %														



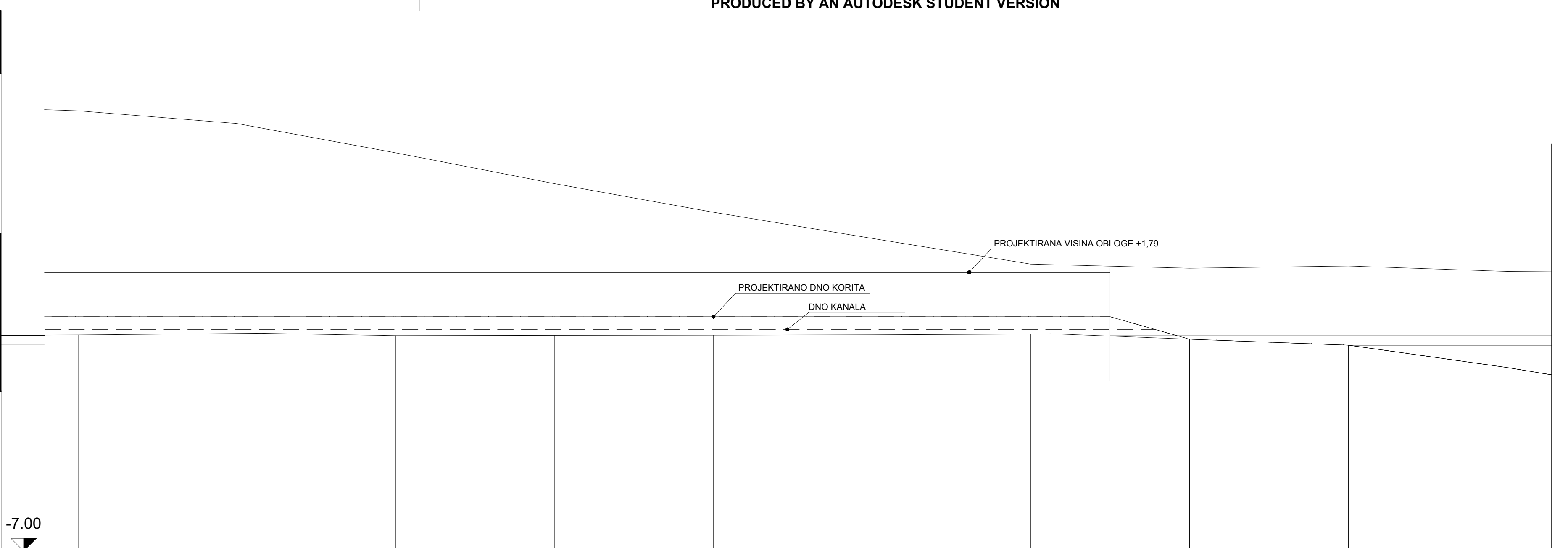
DIPLOMSKI RAD		
TEMA	HIDRAULIČKI MODEL VRANSKOG JEZERA - novo projektirano stanje	
STUDENT	Sanja Radanović	
SADRŽAJ	UZDUŽNI PRESJEK - list 2	MJERILO BROJ PRILOGA 1:500/100
DATUM	srpanj, 2020.	12

8.00


3.00

-2.00

-7.00



Naziv	P29	P30	P31	P32	P33	P34	P35	P36	P37	P38	P39			
Visina terena u osi [m n.m.]	-0.18	-0.13	-0.20	-0.19	-0.18	-0.17	-0.15	-0.31	-0.50	-1.20	-1.43			
Visina obala kanala [m n.m.]	6.87	6.47	5.55	4.58	3.68	2.86	2.05	1.92	1.99	1.82	1.83			
Visina obloge kanala [m n.m.]	1.79	1.79	1.79	1.79	1.79	1.79	1.79							
Visina nivelete kanala [m n.m.]	0.40	0.40	0.40	0.40	0.40	0.40	0.40	-0.31	-0.50	-1.20	-1.43			
Niveleta malog kanala [m n.m.]	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00							
Dubina nivelete [m]	-0.57	-0.53	-0.59	-0.59	-0.58	-0.57	-0.54	0.00	0.00	0.00	0.00			
Duljina dionice [m]		25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	7.00			
Pad [%]				0.00					-0.75	-2.81	-3.30			
Stacionaže čvorova	000+700	000+725	000+750	000+775	000+800	000+825	000+850	000+875	000+900	000+925	000+932			
Duljina/Pad dionica				525.00 m					0.75 %	25.00 m	2.81 %	25.00 m	7.00 m	3.30 %



SVEUČILIŠTE U SPLITU,  
FAKULTET GRAĐEVINARSTVA,  
ARHITEKTURE I GEODEZIJE

**DIPLOMSKI RAD**

TEMA: HIDRAULIČKI MODEL VRANSKOG JEZERA - novo projektirano stanje

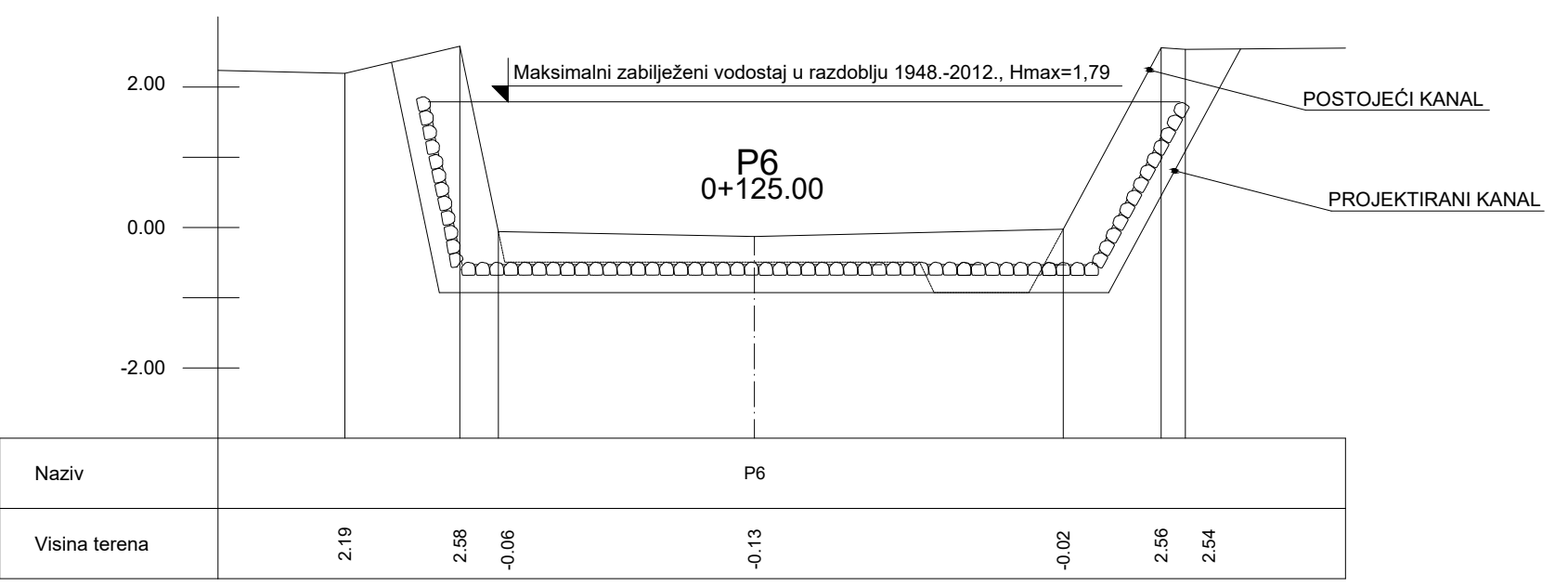
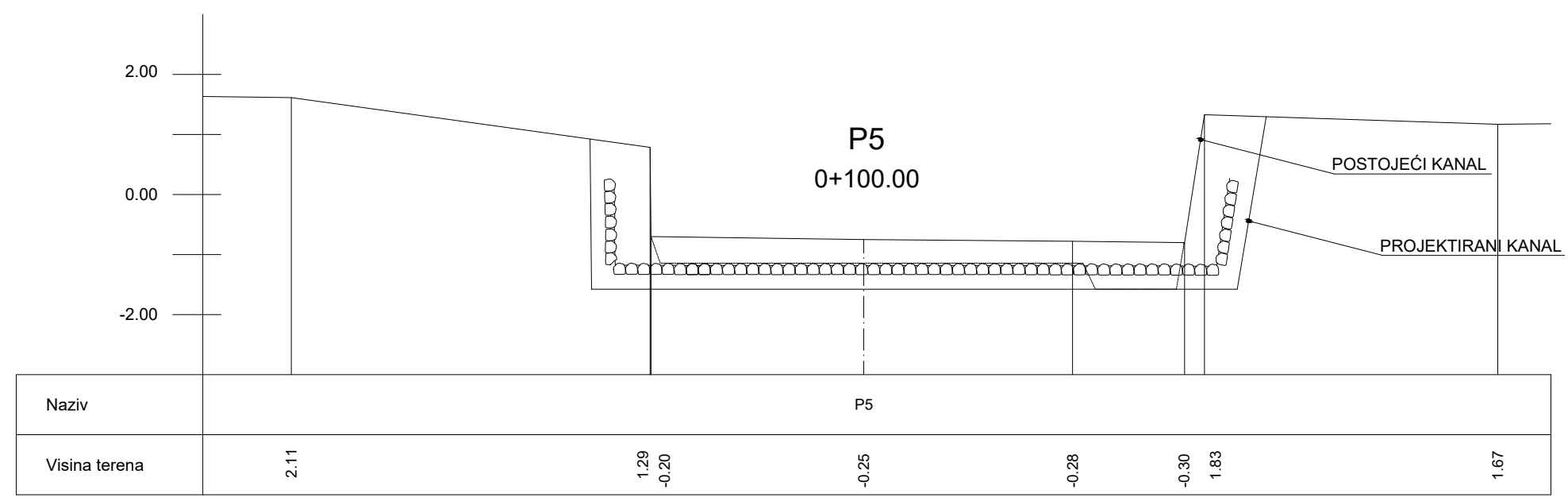
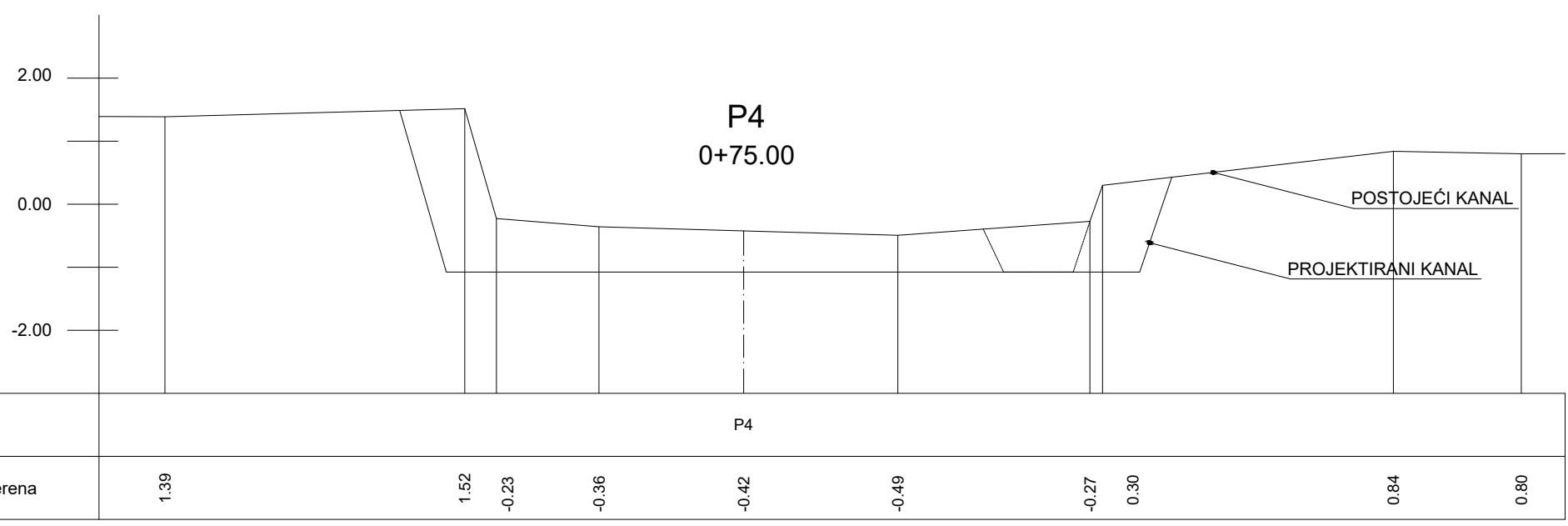
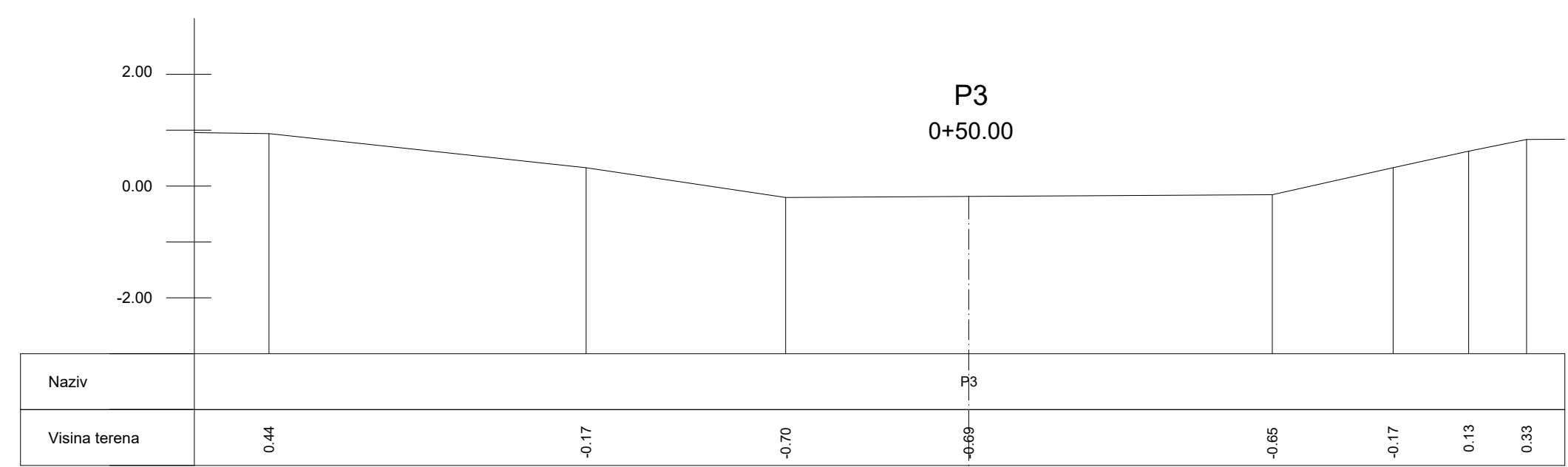
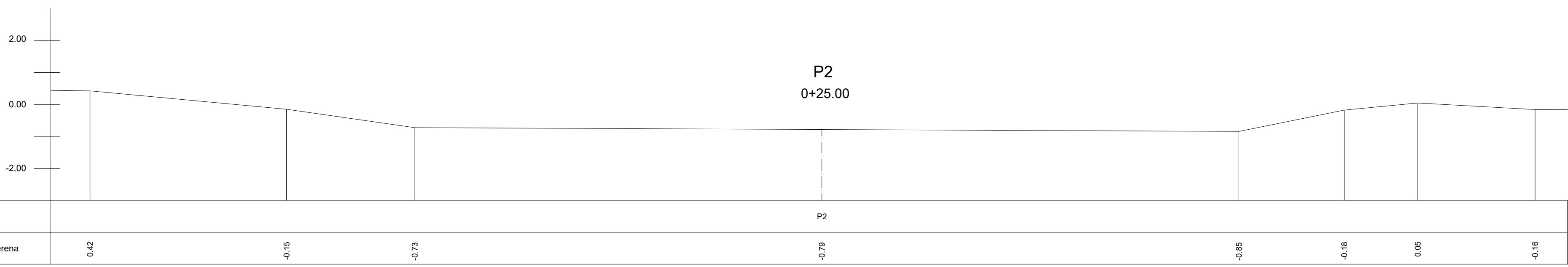
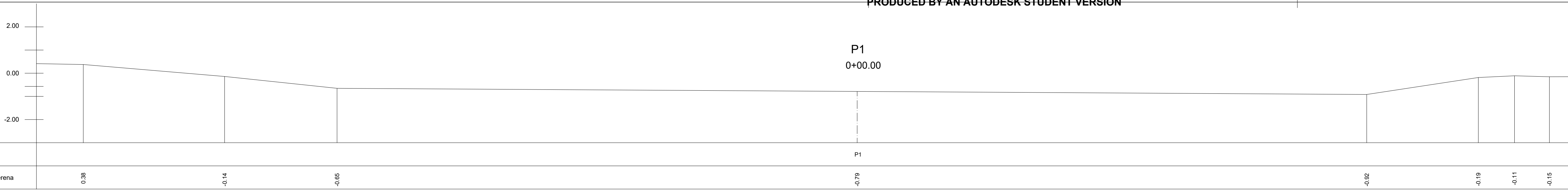
STUDENT: Sanja Radanović

SADRŽAJ: UZDUŽNI PRESJEK - list 3

DATUM: srpanj, 2020.

MJERILO: 1:500/100

BROJ PRILOGA: 13



**UCA** SVEUČILIŠTE U SPLITU,  
FAKULTET GRAĐEVINARSTVA,  
ARHITEKTURE I GEODEZIJE

**DIPLOMSKI RAD**

TEMA: HIDRAULIČKI MODEL VRANSKOG JEZERA - novo projektirano stanje

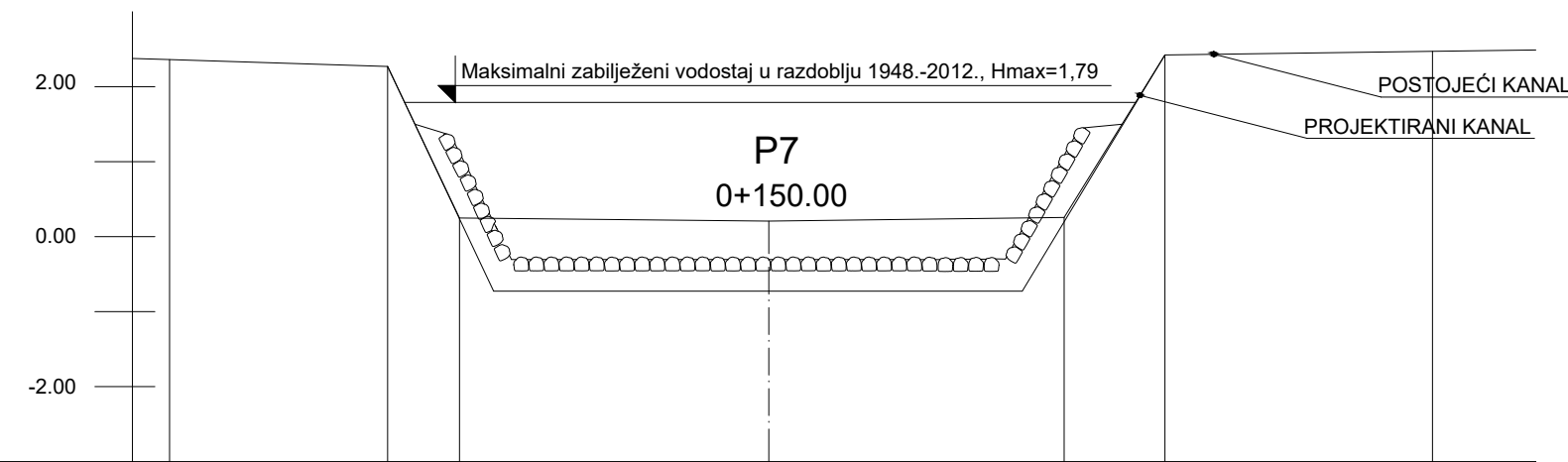
STUDENT: Sanja Radanović

SADRŽAJ: Poprečni presjeci kanala  
Prosika (P1-P6)

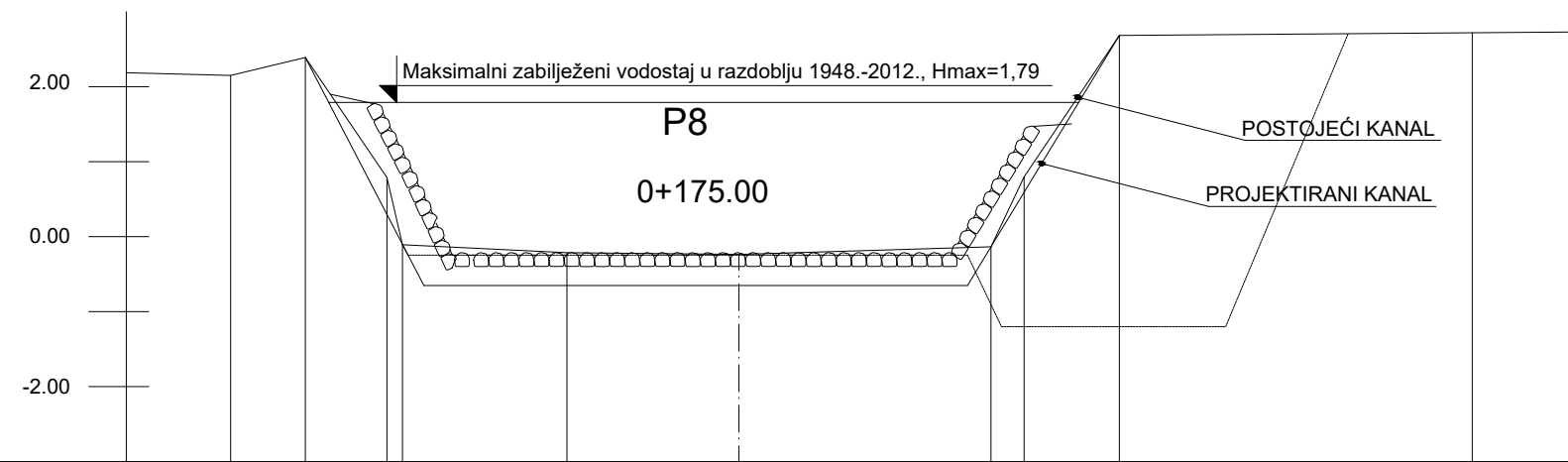
MJERILO: 1:100

BROJ PRILOGA: 14

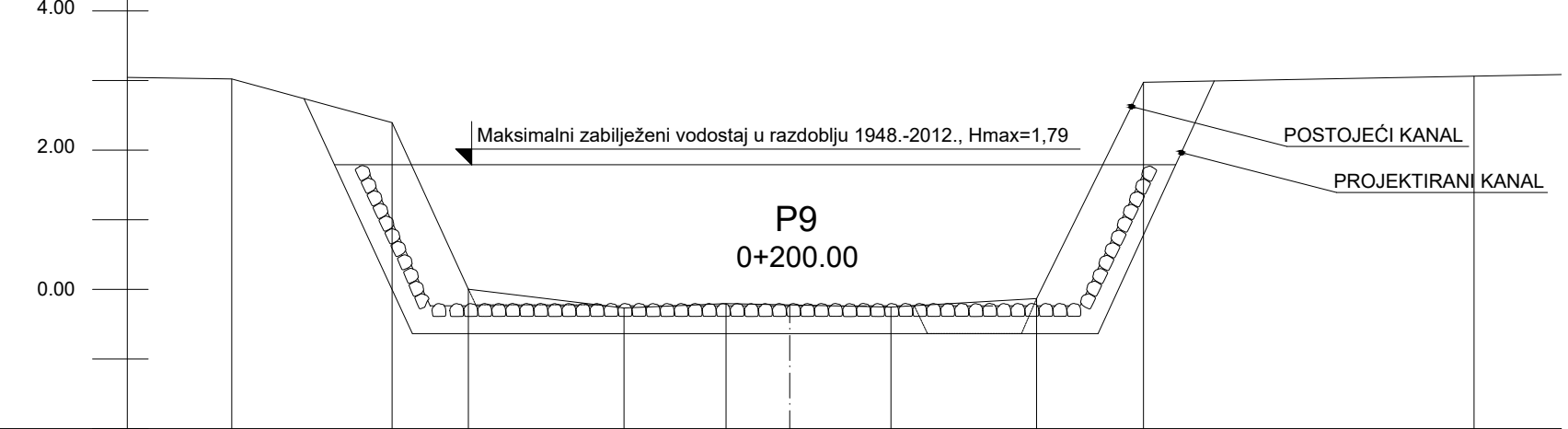
DATUM: srpanj, 2020.



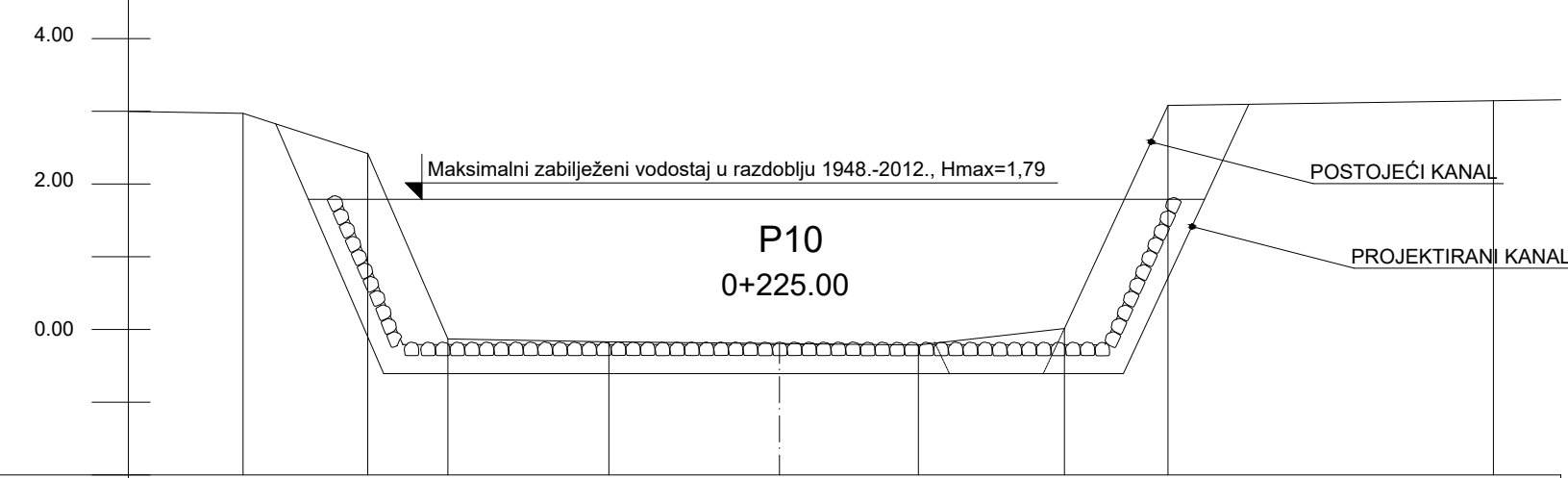
Naziv	P7										
Visina terena	2.36	2.27	0.25	0.21	0.21	0.26	2.42				2.47



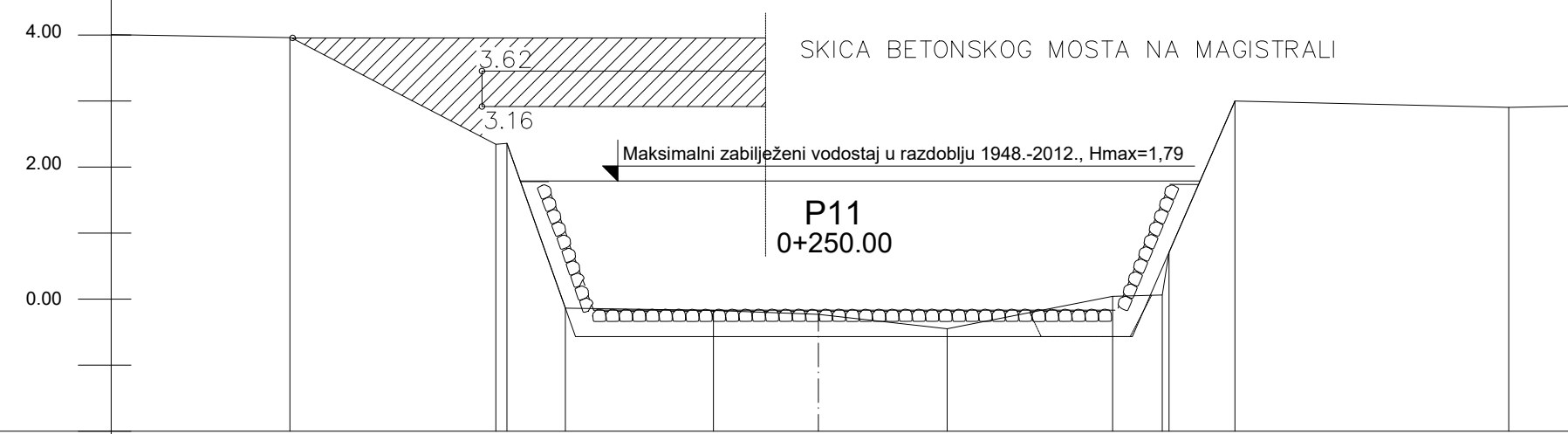
Naziv	P8										
Visina terena	2.15	2.39	0.79	-0.11	-0.21	-0.24	-0.14	0.80	2.88	2.72	



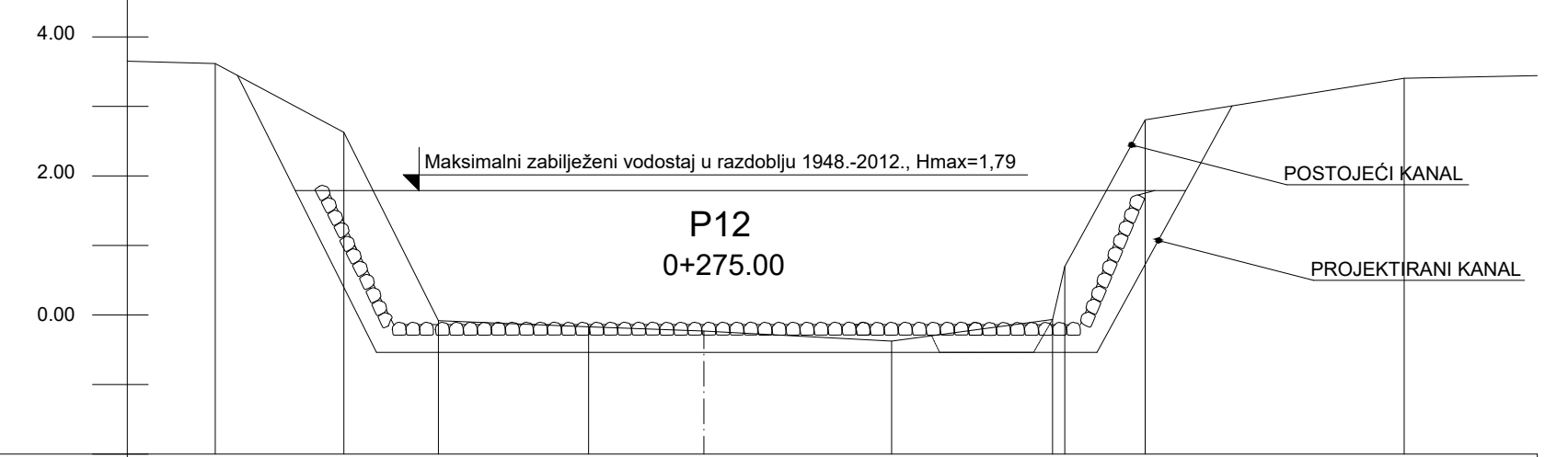
Naziv	P9										
Visina terena	3.02	2.39	0.00	-0.27	-0.20	-0.22	-0.25	-0.13	2.97	3.06	



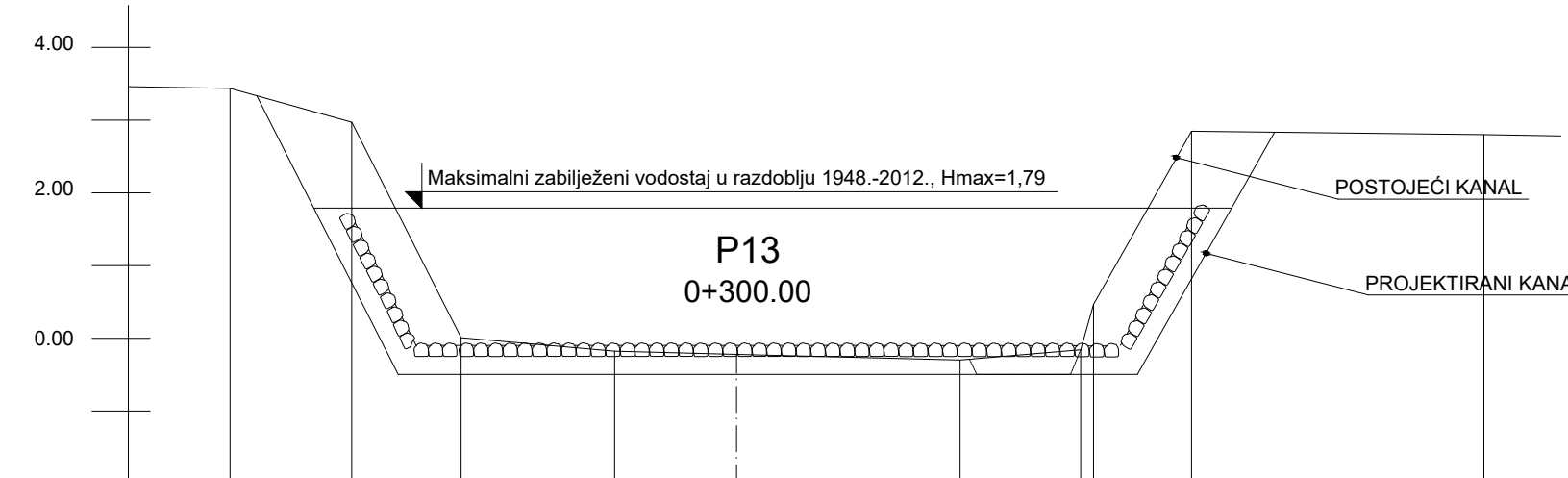
Naziv	P10									
Visina terena	2.97	2.42	-0.13	-0.17	-0.19	-0.21	0.01	3.08	3.14	



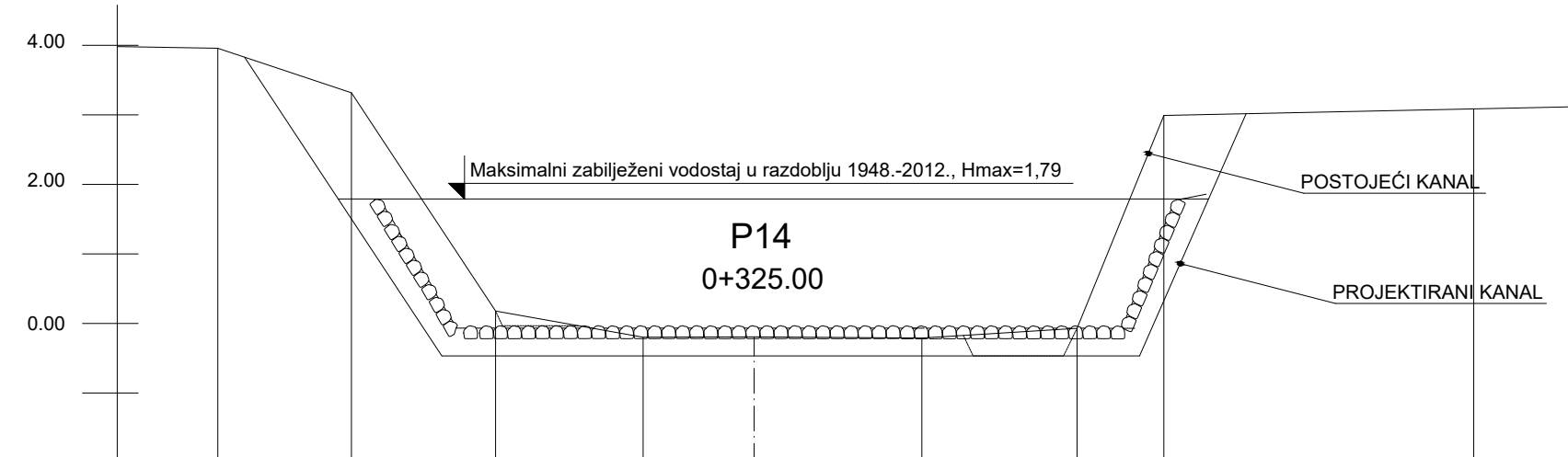
Naziv	P11											
Visina terena	3.96	2.35	2.36	-0.14	-0.17	-0.23	-0.45	0.04	0.06	0.71	3.00	2.90



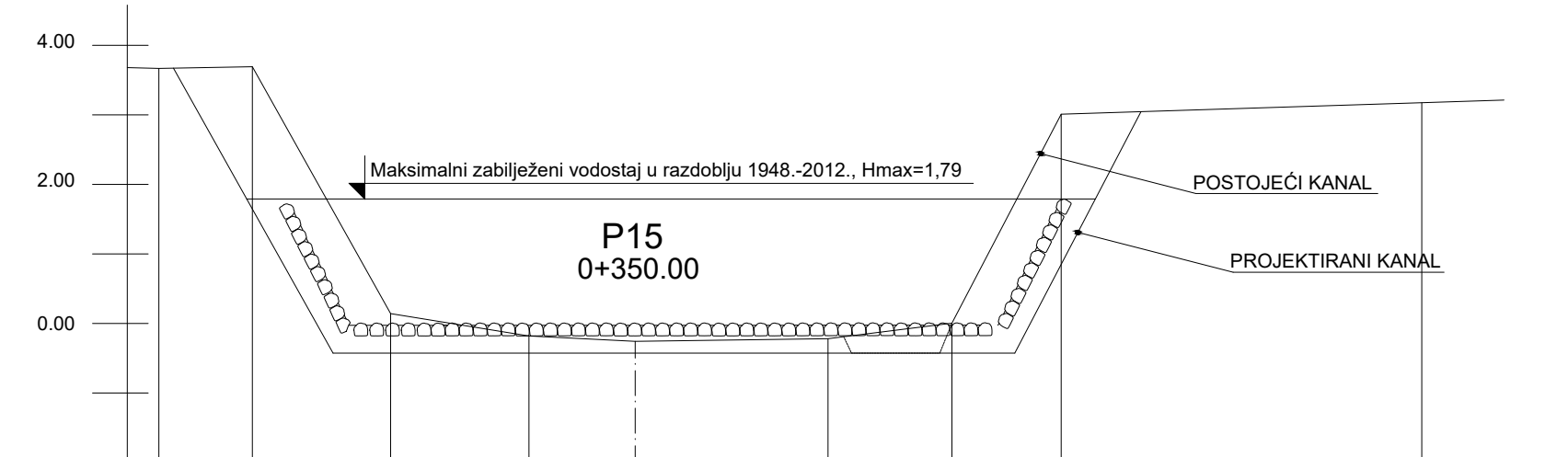
Naziv	P12										
Visina terena	3.62	2.63	-0.08	-0.17	-0.23	-0.38	-0.06	0.70	2.81	3.40	



Naziv	P13										
Visina terena	3.44	2.97	0.01	-0.16	-0.22	-0.30	-0.16	0.47	2.85	2.80	



Naziv	P14									
Visina terena	3.96	3.32	0.18	-0.20	-0.19	-0.21	-0.07	2.99	3.09	



Naziv	P15									
Visina terena	3.67	3.69	0.14	-0.18	-0.26	-0.22	0.00	3.01	3.17	

**UCA** SVEUČILIŠTE U SPLITU,  
 FAKULTET GRAĐEVINARSTVA,  
 ARHITEKTURE I GEODEZIJE

**DIPLOMSKI RAD**

TEMA: HIDRAULIČKI MODEL VRANSKOG JEZERA - novo projektirano stanje

STUDENT: Sanja Radanović

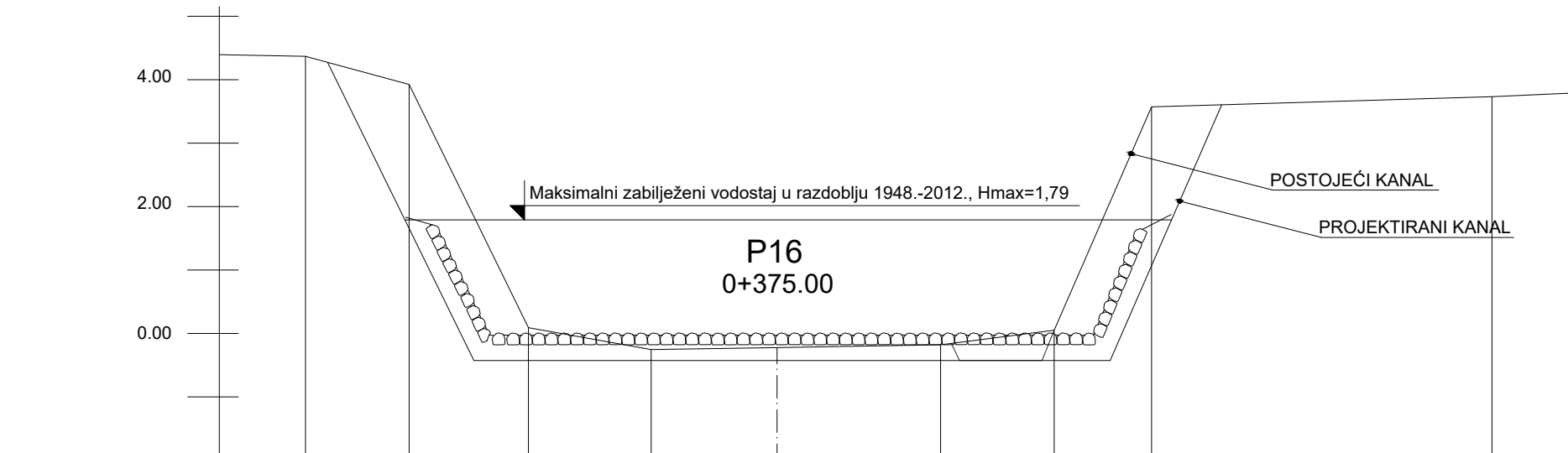
SADRŽAJ: Poprečni presjeci kanala Prosika (P7-P15)

DATUM: srpanj, 2020.

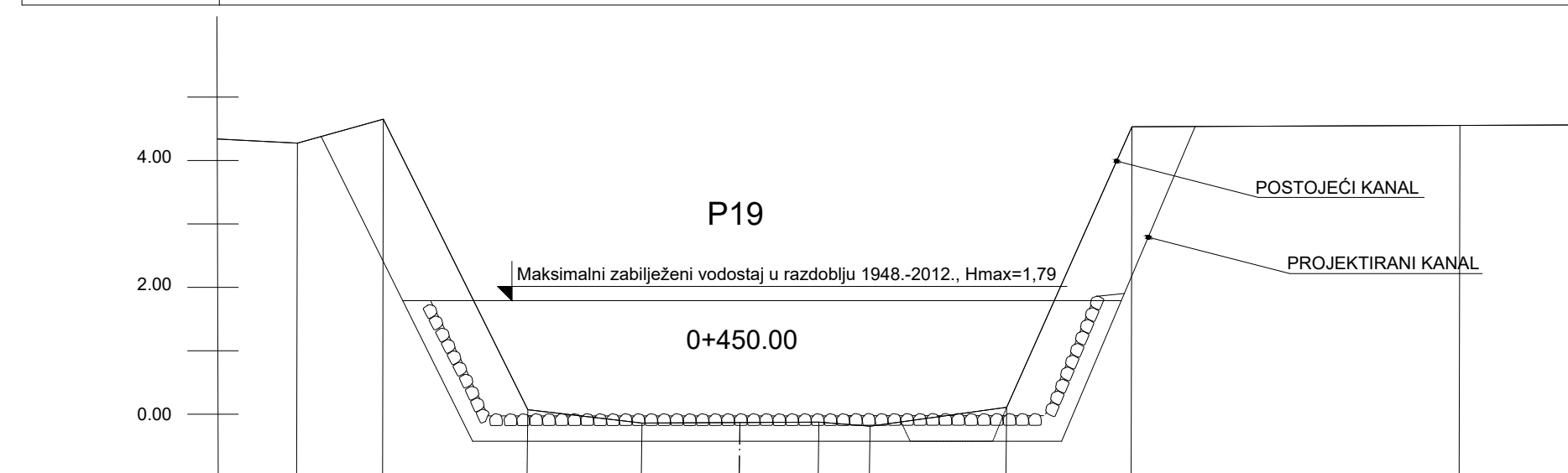
MJERILO: 1:100

BROJ PRILOGA: 15

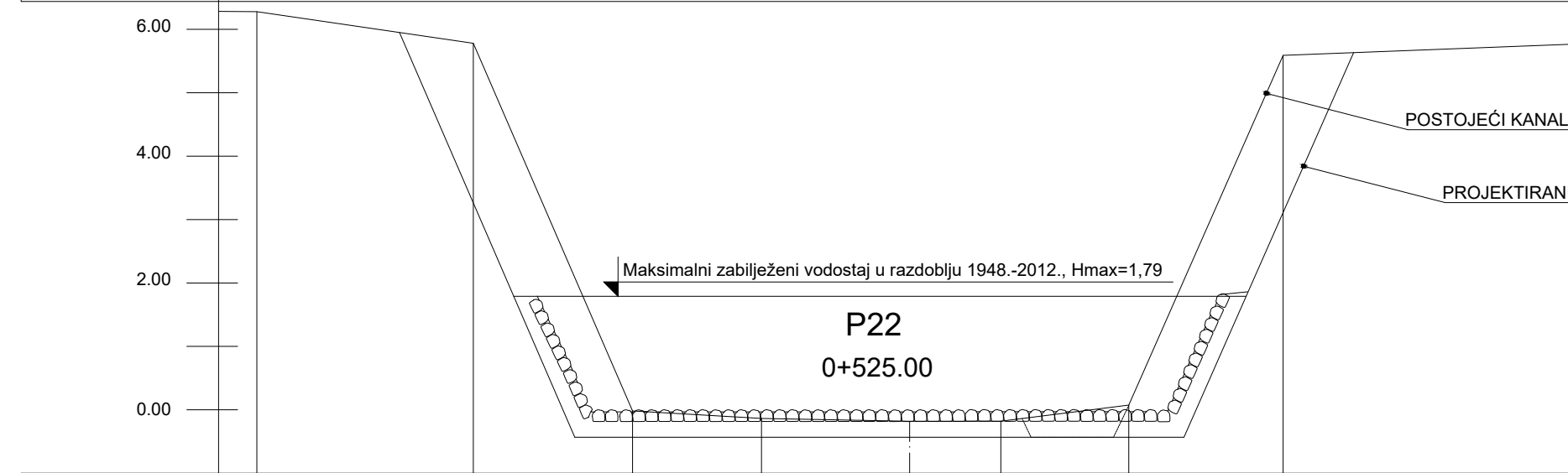




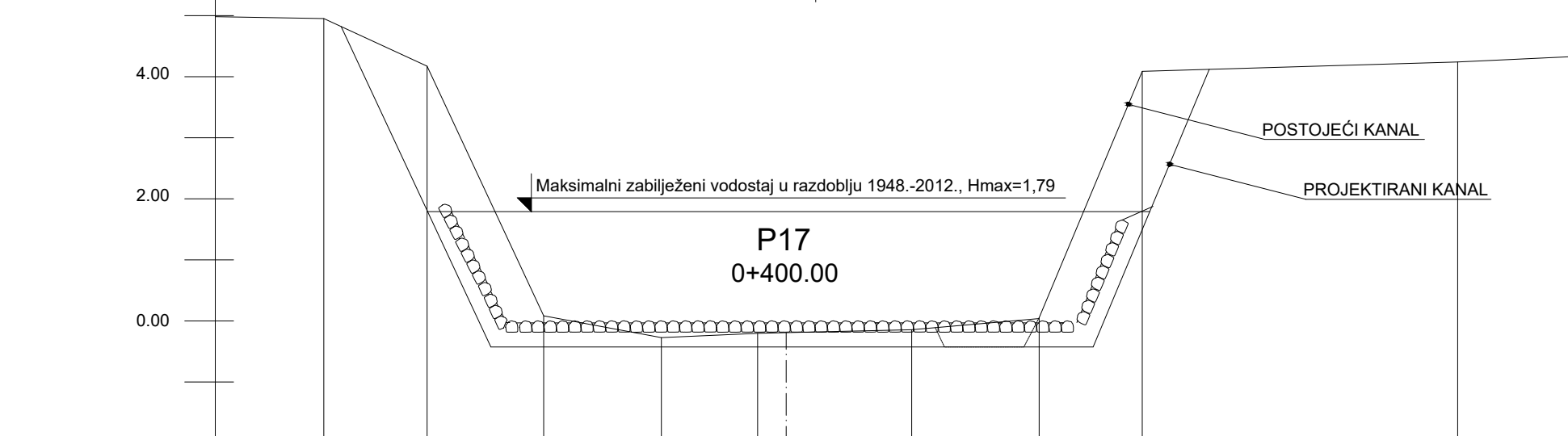
Naziv	P16									
Visina terena	4.37	3.92	0.09	-0.25	-0.22	-0.18	0.05	3.57		3.73



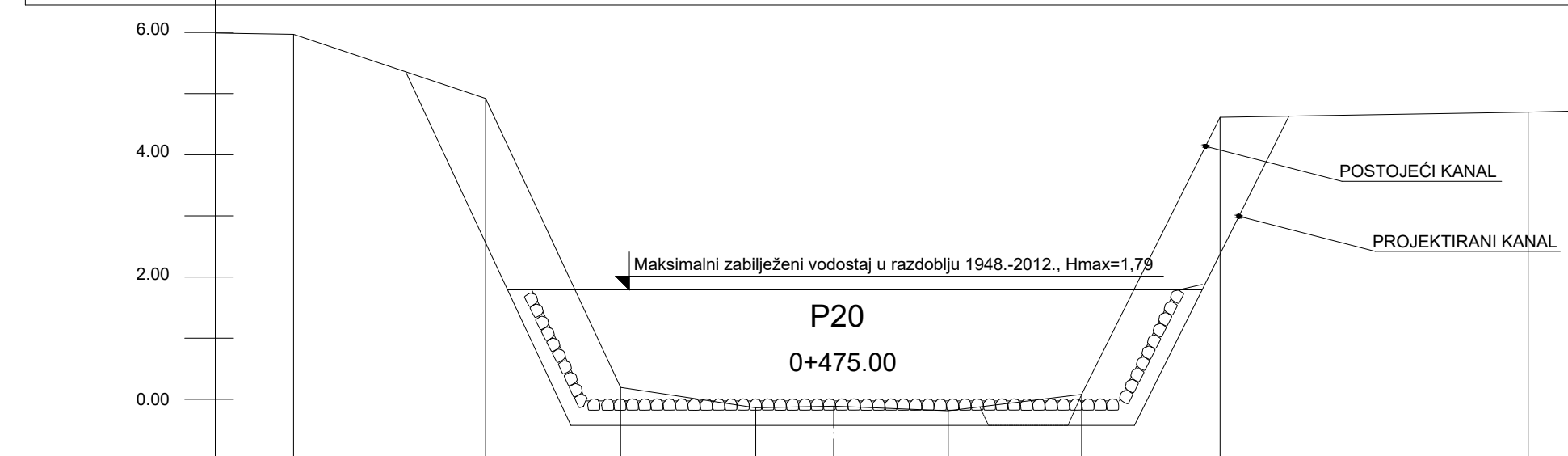
Naziv	P19									
Visina terena	4.27	4.65	0.07	-0.14	-0.13	-0.12	-0.19	0.11	4.53	4.55



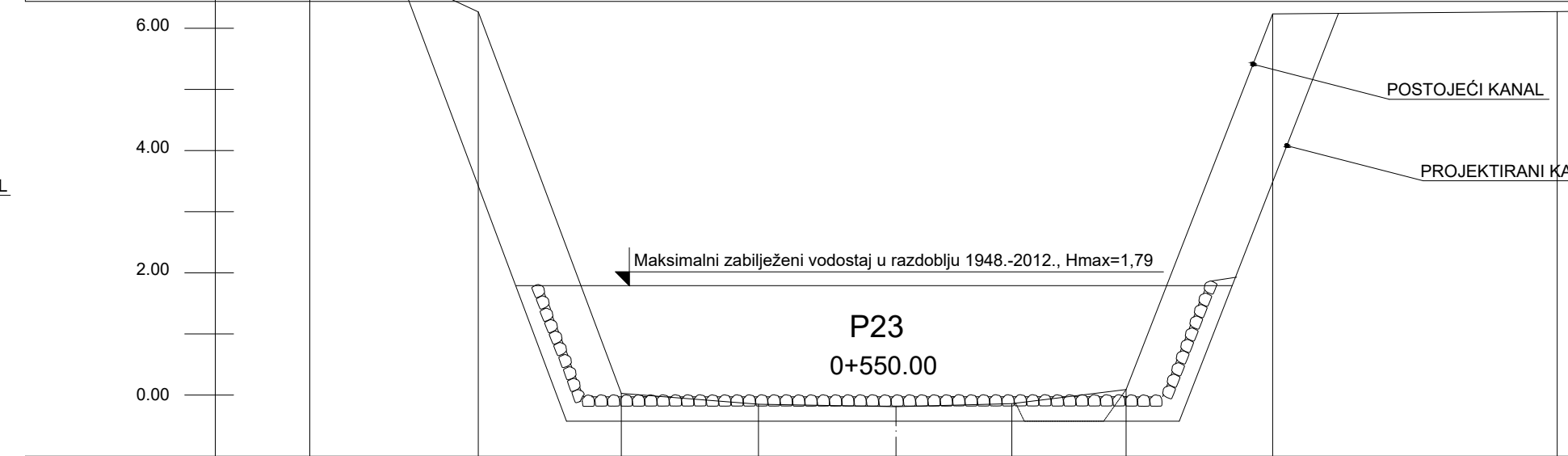
Naziv	P22									
Visina terena	6.28	5.78	-0.02	-0.14	-0.18	-0.18	0.07	5.59		5.77



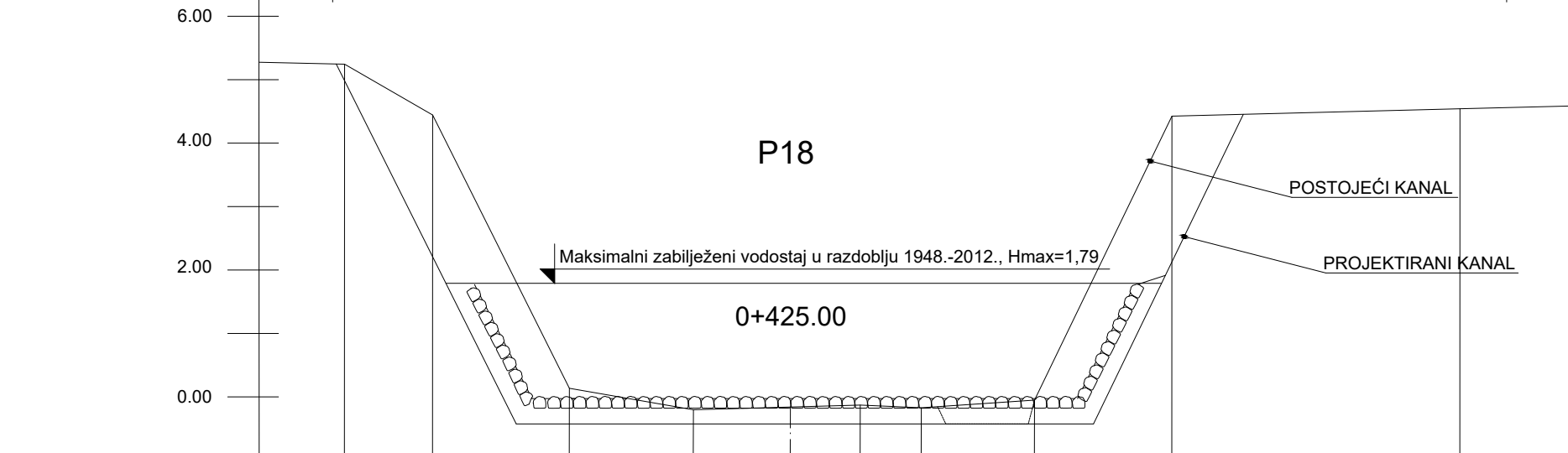
Naziv	P17									
Visina terena	4.95	4.17	0.08	-0.27	-0.20	-0.19	-0.14	0.04	4.09	4.24



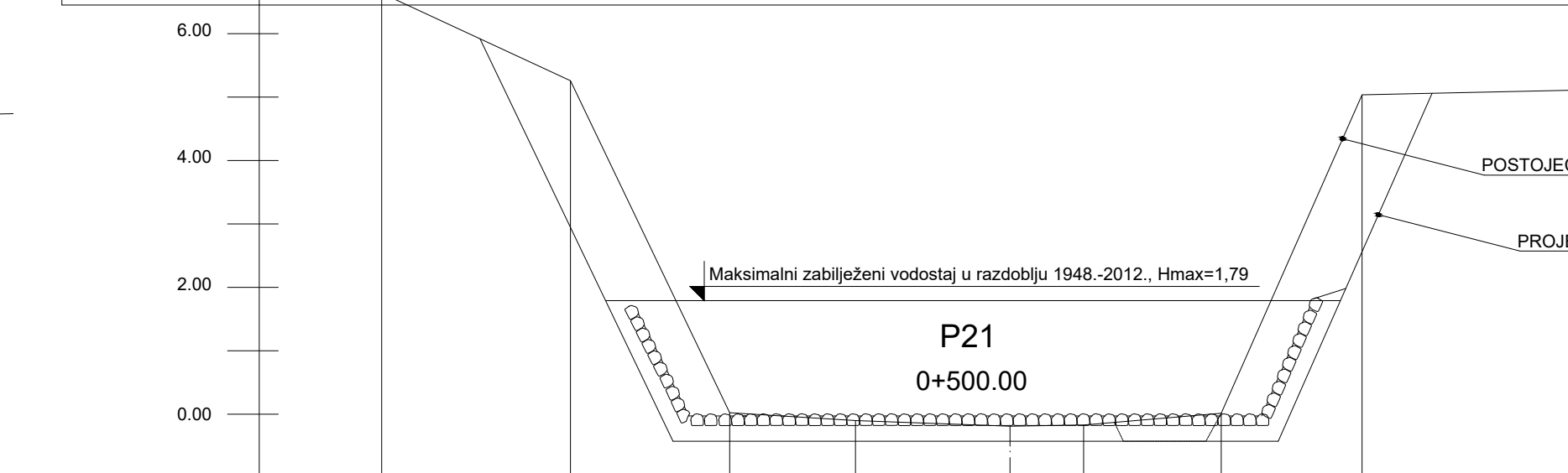
Naziv	P20									
Visina terena	5.97	4.92	0.19	-0.14	-0.11	-0.19	0.08	4.61		4.70



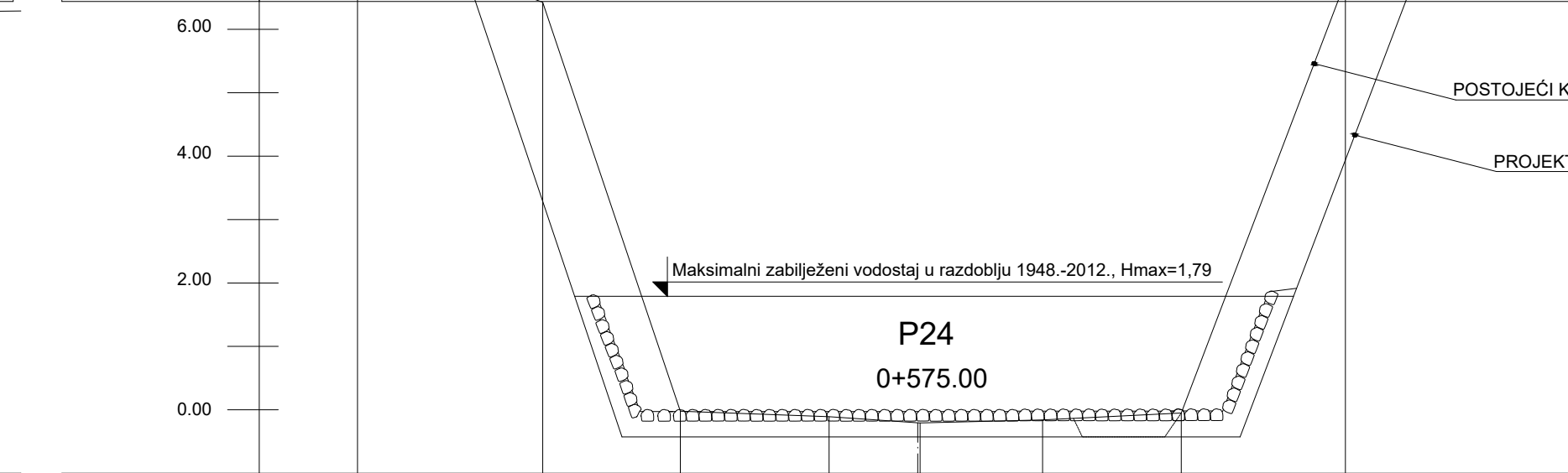
Naziv	P23									
Visina terena	7.55	6.27	0.03	-0.15	-0.19	-0.14	0.09	6.24		6.27




Naziv	P18									
Visina terena	5.24	4.44	0.14	-0.20	-0.16	-0.13	-0.17	-0.05	4.43	4.54

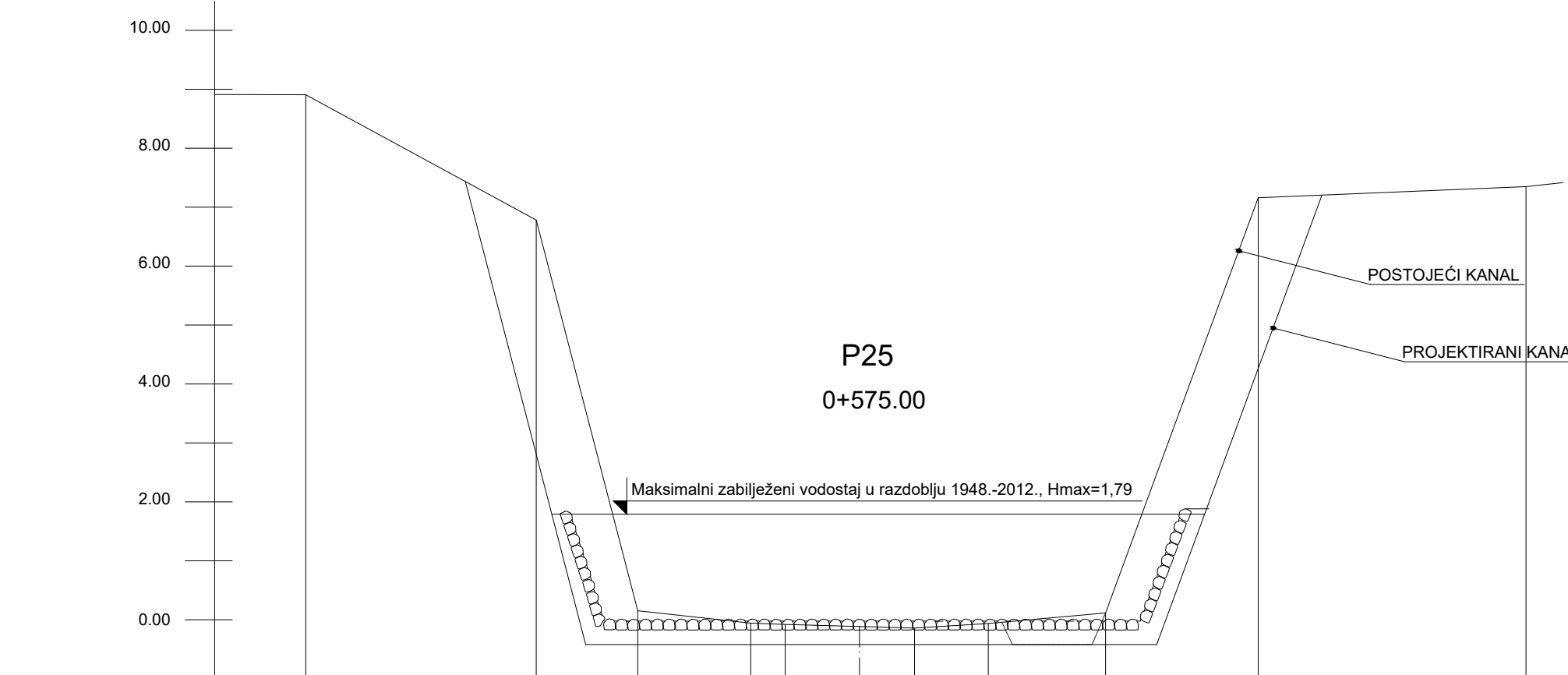


Naziv	P21									
Visina terena	6.64	5.26	0.02	-0.10	-0.19	-0.17	0.01	5.04		5.15

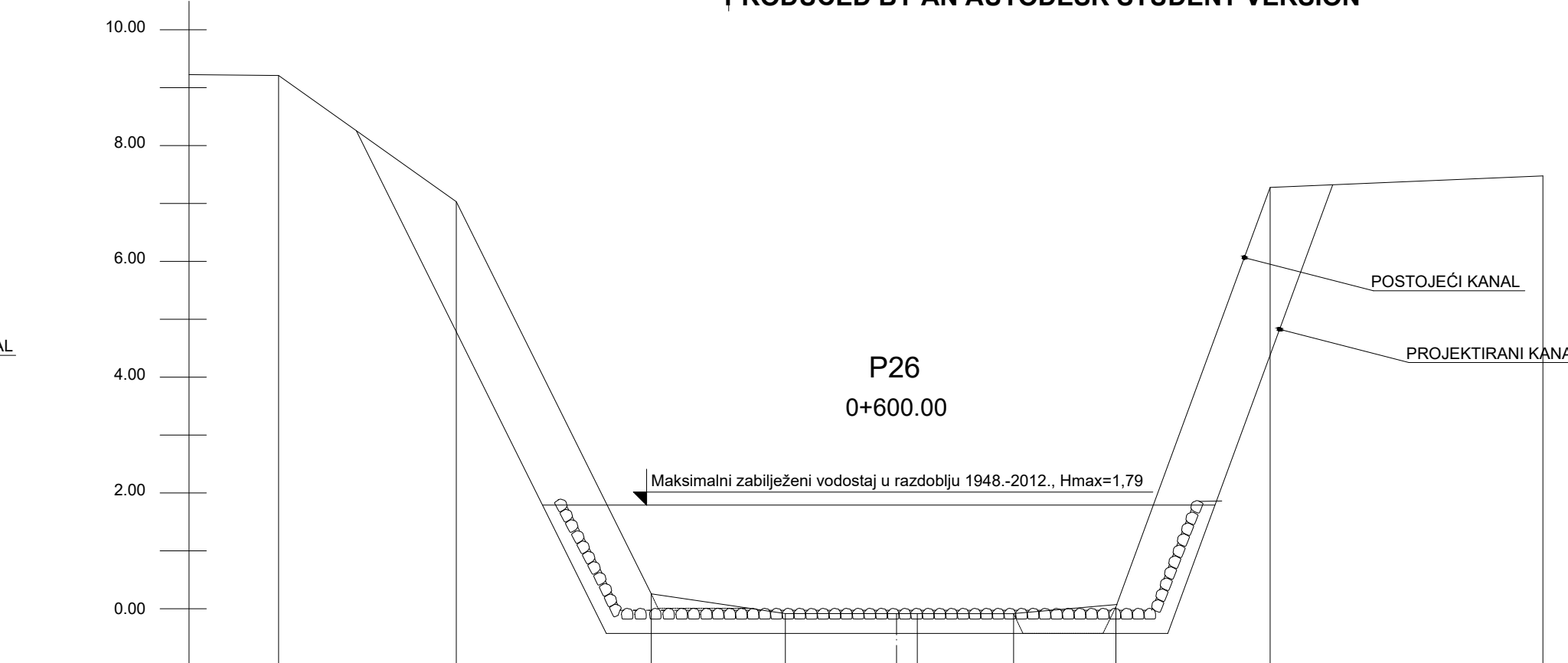


Naziv	P24									
Visina terena	7.53	6.43	-0.02	-0.11	-0.20	-0.21	-0.16	-0.05	6.75	6.83

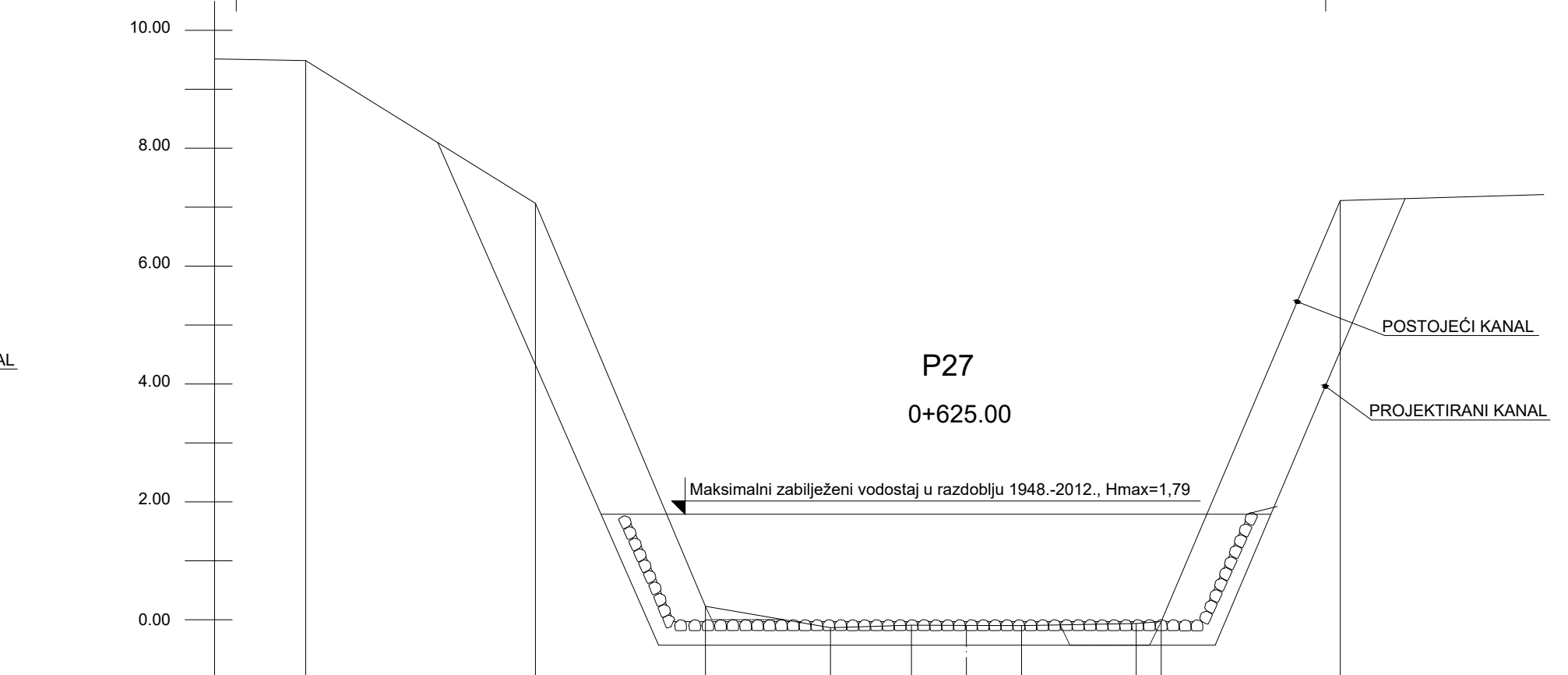
		SVEUČILIŠTE U SPLITU, FAKULTET GRAĐEVINARSTVA, ARHITEKTURE I GEODEZIJE	
		DIPLOMSKI RAD	
TEMA	HIDRAULIČKI MODEL VRANSKOG JEZERA - novo projektirano stanje		
STUDENT	Sanja Radanović		
SADRŽAJ	Poprečni presjeci kanala Prosika (P16-P24)	MJERILO	1:100
DATUM	srpanj, 2020.	BROJ PRILOGA	16



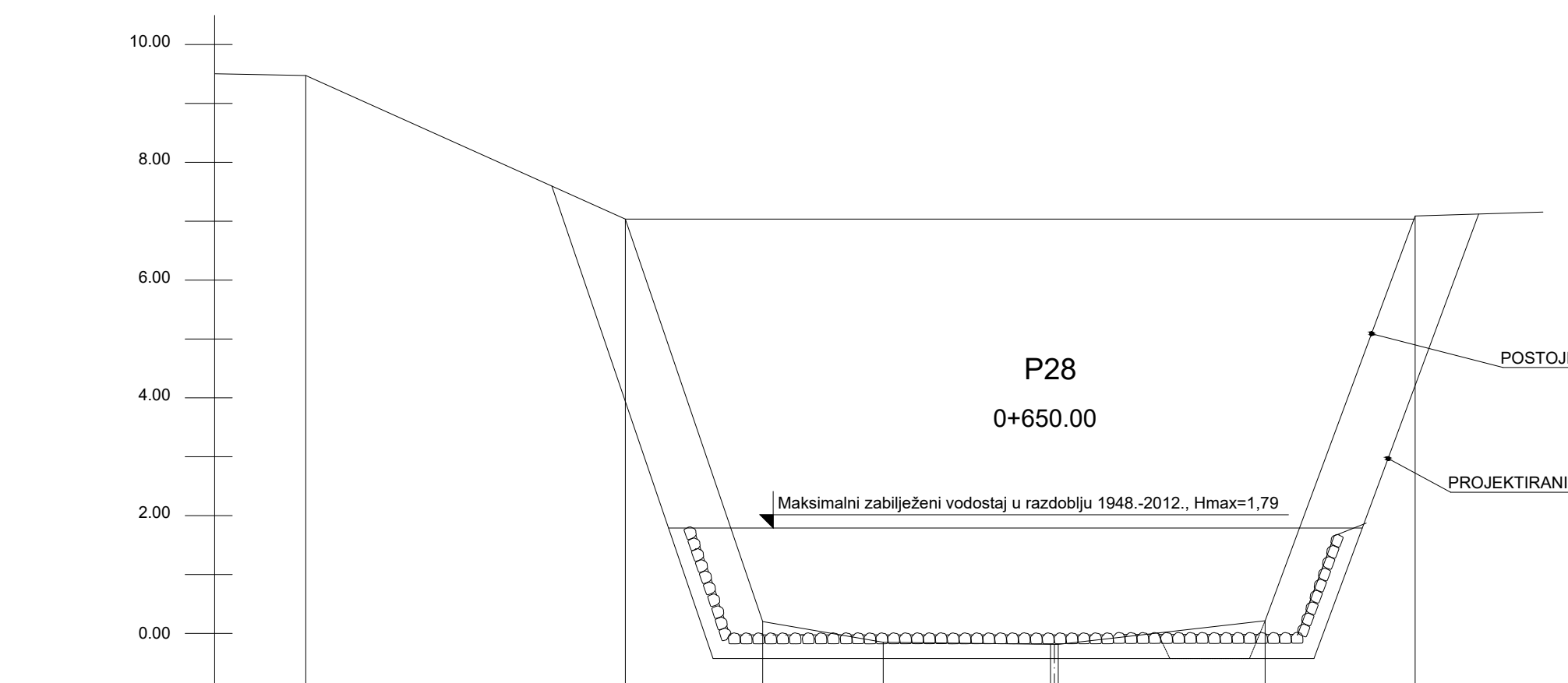
Naziv	P25												
Visina terena	8,91	8,91	6,78	0,15	-0,06	-0,08	-0,11	-0,14	-0,06	0,12	7,16	7,16	7,35



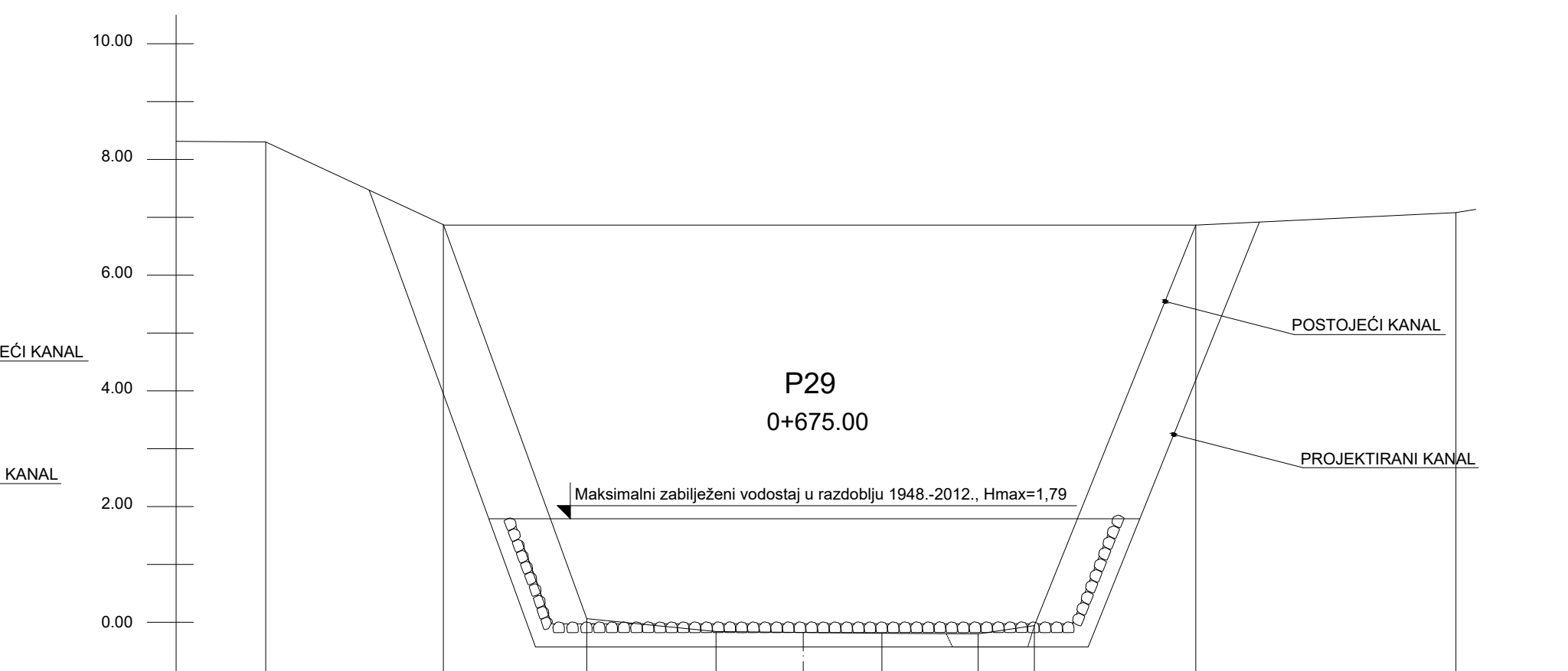
Naziv	P26												
Visina terena	9,21	7,03	0,26	-0,08	-0,08	-0,08	-0,09	0,07	7,28	7,48			



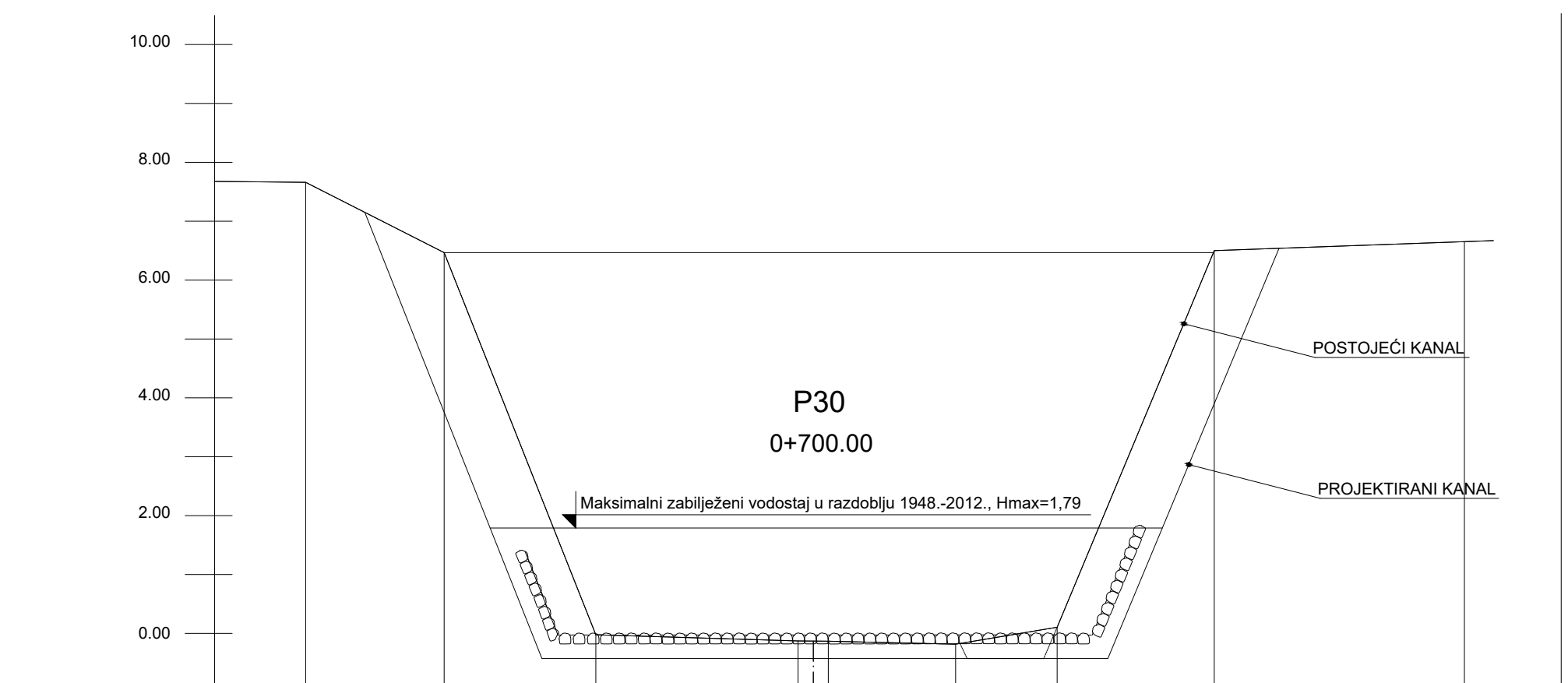
Naziv	P27												
Visina terena	9,49	7,06	0,23	-0,14	-0,09	-0,10	-0,10	-0,06	-0,03	7,11			




Naziv	P28												
Visina terena	9,47	7,04	0,20	-0,15	-0,19	-0,19	-0,19	0,22	7,09				



Naziv	P29												
Visina terena	8,30	6,87	0,06	-0,16	-0,18	-0,19	-0,20	-0,06	6,87	7,08			



Naziv	P30												
Visina terena	7,66	6,47	-0,02	-0,13	-0,13	-0,13	-0,18	0,11	6,50	6,65			



SVEUČILIŠTE U SPLITU,  
FAKULTET GRAĐEVINARSTVA,  
ARHITEKTURE I GEODEZIJE

**DIPLOMSKI RAD**

TEMA: HIDRAULIČKI MODEL VRANSKOG JEZERA - novo projektirano stanje

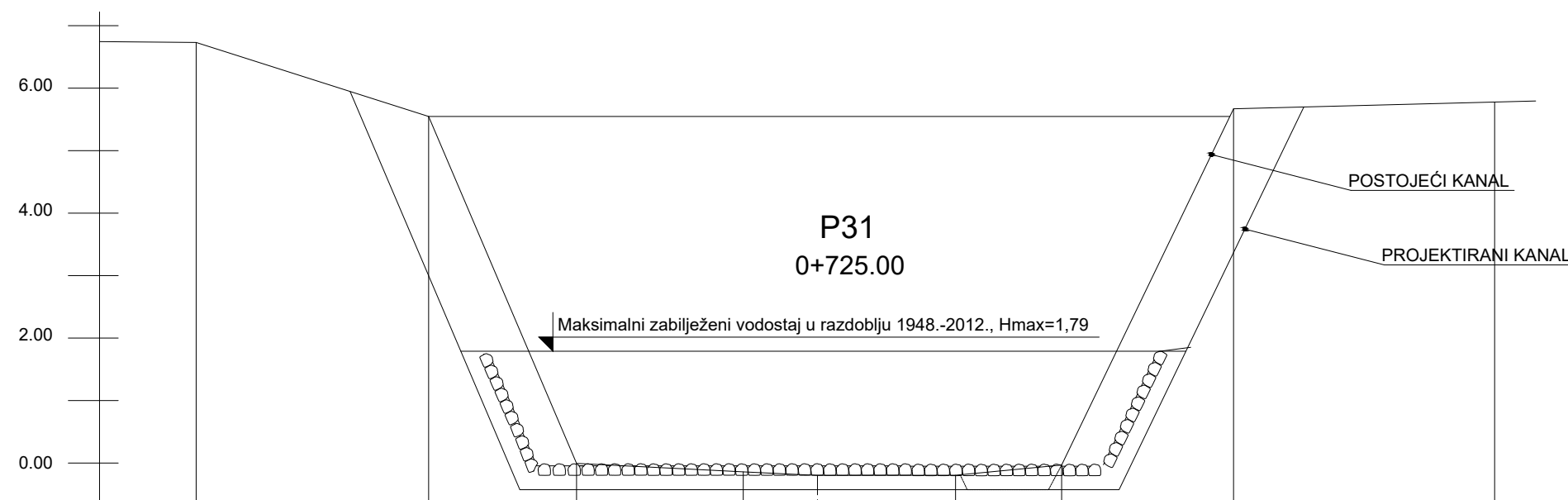
STUDENT: Sanja Radanović

SADRŽAJ: Poprečni presjeci kanala Prosika (P25-P30)

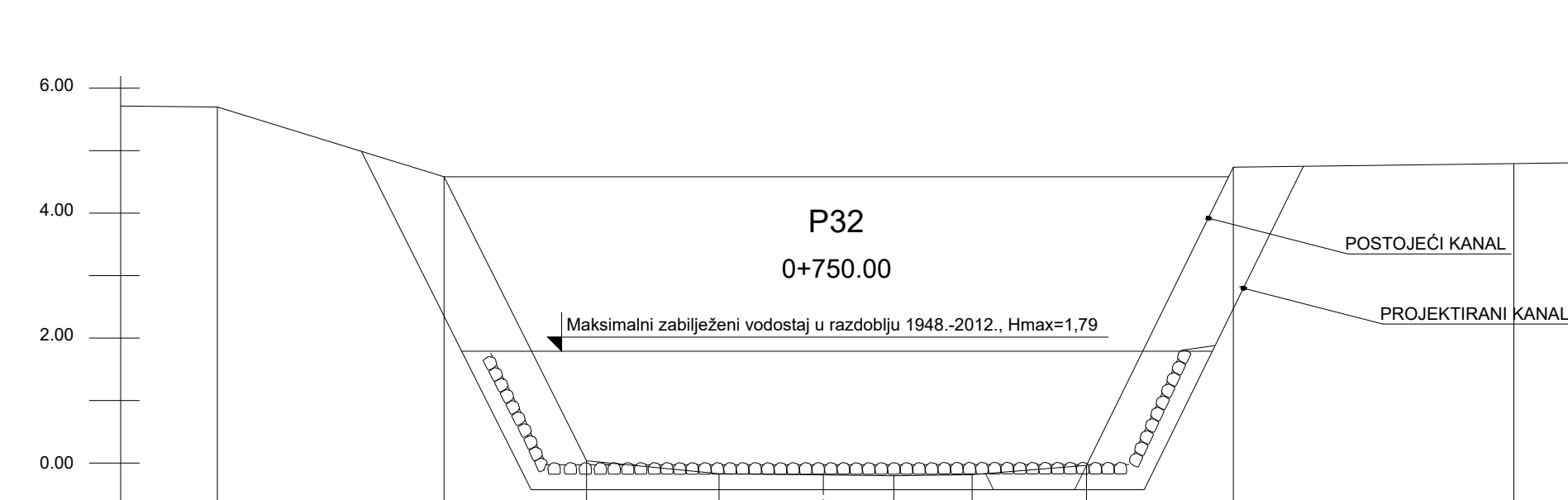
DATUM: srpanj, 2020.

MJERILO: 1:100

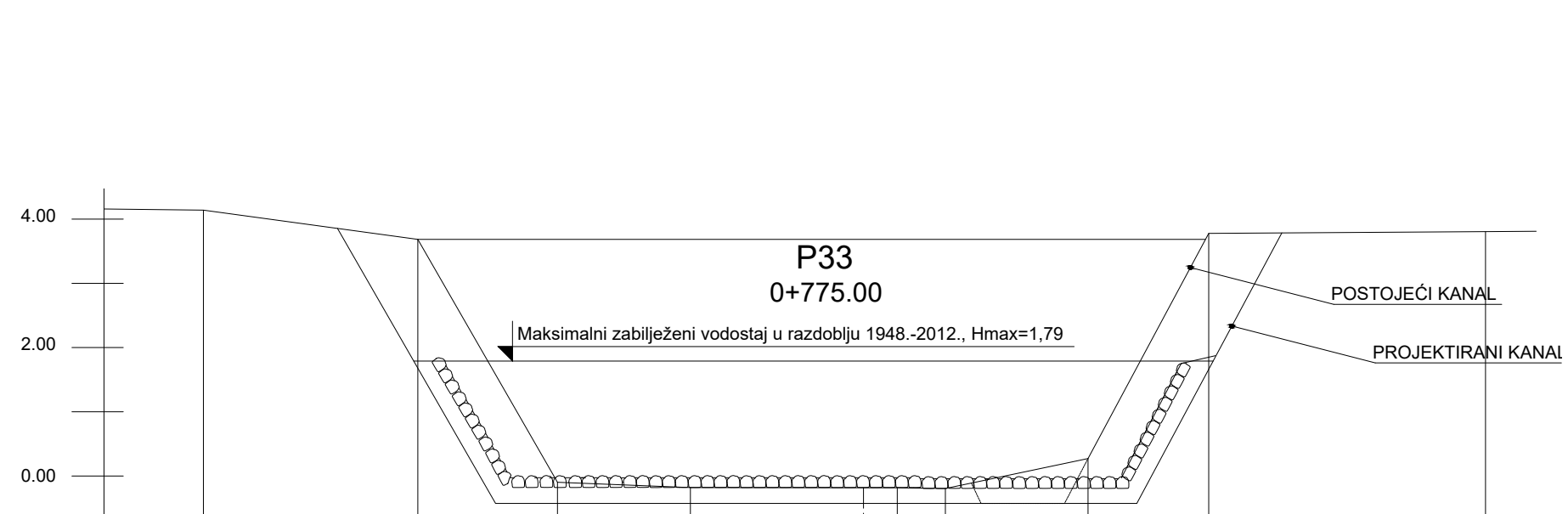
BROJ PRILOGA: 17



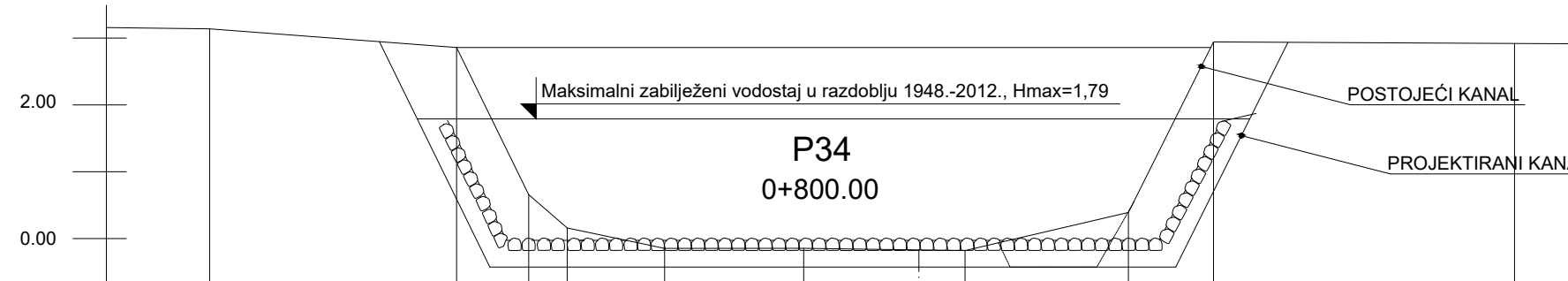
Naziv	P31										
Visina terena	6.73	5.55	-0.01	-0.14	-0.20	-0.19	-0.03	5.67	5.78		



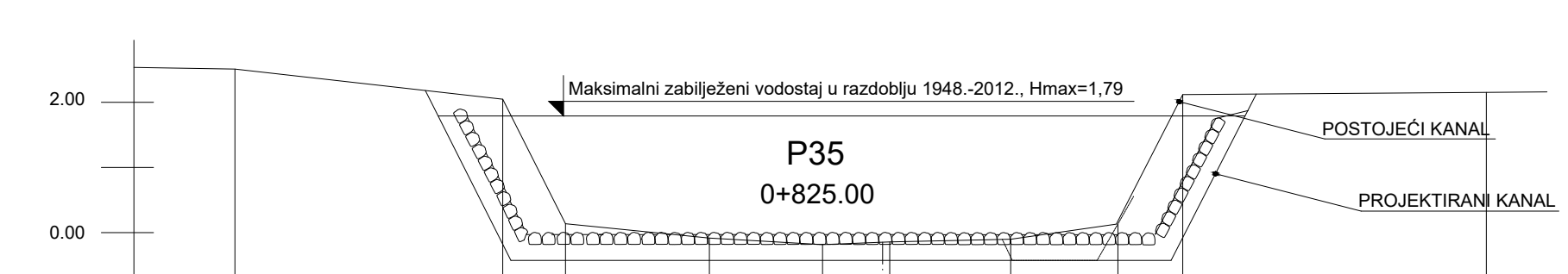
Naziv	P32									
Visina terena	5.70	4.58	0.04	-0.17	-0.19	-0.20	-0.19	-0.04	4.73	4.79



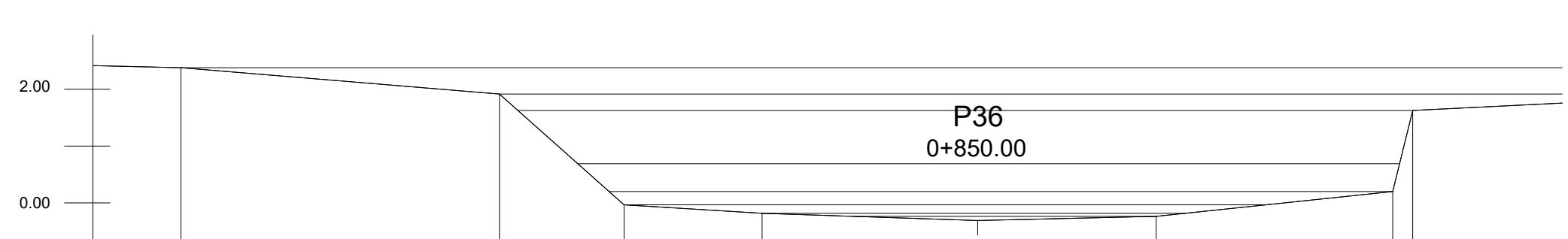
Naziv	P33									
Visina terena	4.14	3.68	-0.10	-0.18	-0.18	-0.19	0.27	3.78	3.80	



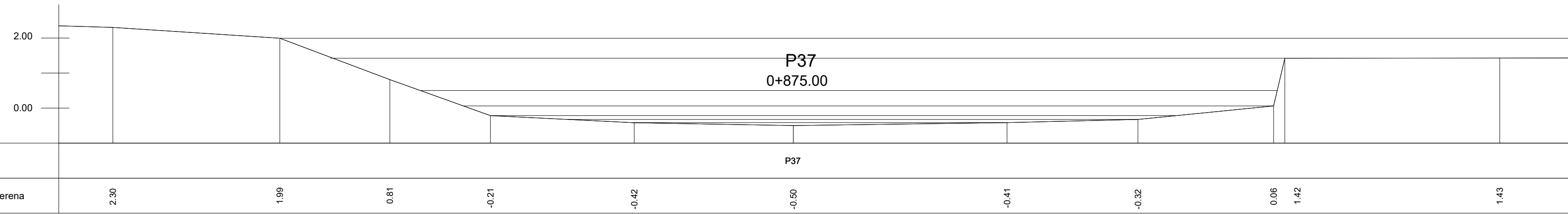
Naziv	P34										
Visina terena	3.14	2.86	0.66	0.16	-0.15	-0.15	-0.17	-0.18	0.39	2.94	2.92



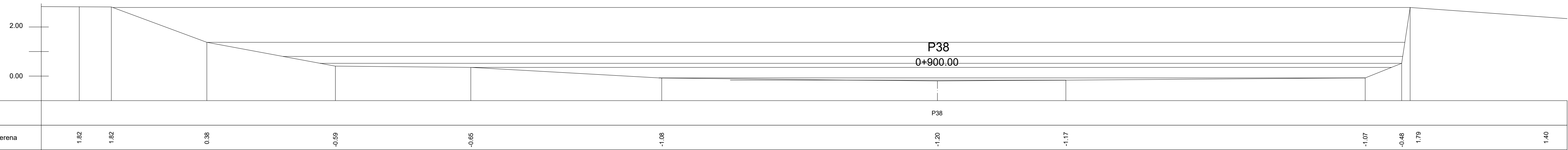
Naziv	P35										
Visina terena	2.51	2.05	0.14	-0.08	-0.18	-0.15	-0.14	-0.10	0.13	2.12	2.15



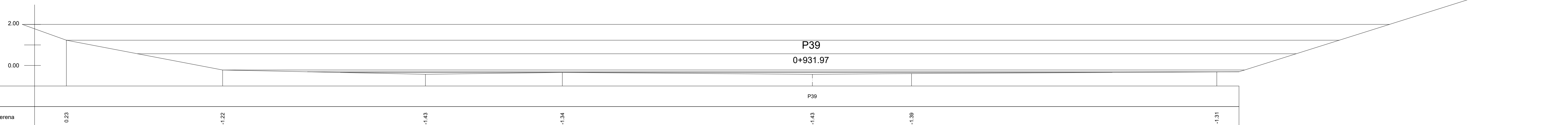
Naziv	P36									
Visina terena	2.38	1.92	-0.03	-0.18	-0.31	-0.24	0.20	1.63		



Naziv	P37										
Visina terena	2.30	1.99	0.81	-0.21	-0.42	-0.50	-0.41	-0.32	0.08	1.42	1.43




Naziv	P38											
Visina terena	1.82	1.82	0.38	-0.59	-0.66	-1.08	-1.20	-1.17	-1.07	-0.46	1.79	1.40



Naziv	P39										
Visina terena	0.23	-1.22	-1.43	-1.34	-1.43	-1.39					-1.31

PRODUCED BY AN AUTODESK STUDENT VERSION

PRODUCED BY AN AUTODESK STUDENT VERSION

		SVEUČILIŠTE U SPLITU, FAKULTET GRAĐEVINARSTVA, ARHITEKTURE I GEODEZIJE	
		DIPLOMSKI RAD	
TEMA	HIDRAULIČKI MODEL VRANSKOG JEZERA - novo projektirano stanje		
STUDENT	Sanja Radanović		
SADRŽAJ	Poprečni presjeci kanala Prosika (P31-P39)	MJERILO	1:100
DATUM	srpanj, 2020.	BROJ PRILOGA	18