

# Idejno rješenje sanacije i proširenja vodoopskrbnog sustava naselja Čepić primjenom WaterCAD V8i računalnog programa

---

Cvečić, Tedi

Master's thesis / Diplomski rad

2023

Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj: **University of Rijeka, Faculty of Civil Engineering / Sveučilište u Rijeci, Građevinski fakultet**

Permanent link / Trajna poveznica: <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:157:931618>

Rights / Prava: [Attribution 4.0 International](#) / [Imenovanje 4.0 međunarodna](#)

Download date / Datum preuzimanja: **2024-11-30**



Repository / Repozitorij:

[Repository of the University of Rijeka, Faculty of Civil Engineering - FCERI Repository](#)



**SVEUČILIŠTE U RIJECI**  
**GRAĐEVINSKI FAKULTET**

**Tedi Cvečić**

**Idejno rješenje sanacije i proširenja vodoopskrbnog sustava naselja  
Čepić primjenom WaterCAD V8i računalnog programa**

**Diplomski rad**

**Rijeka, 2023.**

**SVEUČILIŠTE U RIJECI**  
**GRAĐEVINSKI FAKULTET**

**Sveučilišni diplomski studij**  
**Urbano inženjerstvo**  
**Vodopskrba i kondicioniranje voda**

**Tedi Cvečić**

**JMBAG: 0114030731**

**Idejno rješenje sanacije i proširenja vodoopskrbnog sustava naselja  
Čepić primjenom WaterCAD V8i računalnog programa**

**Diplomski rad**

**Rijeka, rujan 2023.**

## **IZJAVA**

Diplomski rad izradio sam samostalno, u suradnji s mentorom i uz poštivanje pozitivnih građevinskih propisa i znanstvenih dostignuća iz područja građevinarstva. Građevinski fakultet u Rijeci je nositelj prava intelektualnog vlasništva u odnosu na ovaj rad.

---

Tedi Cvečić

U Rijeci, 15. rujna 2023.



## SAŽETAK

Ovim diplomskim radom izvršen je idejni projekt vodoopskrbnog sustava naselja Čepić koje se nalazi na istoku Istre, u sastavu općine Kršan. Unutar rada analizirane su dvije varijante vodoopskrbnog sustava. Na početku rada definirane su osnovne značajke promatranog područja, definirane su mjerodavne količine vode za pojedine kategorije potrošača. Nakon toga, izvršeni su hidraulički proračuni pomoću Microsoft Excel programskog paketa. Proveden je hidraulički proračun volumena vodospreme. Za valorizaciju rezultata hidrauličke analize korišteni su računalni programi WaterCAD V8i i Urbano Hydra. Vodoopskrbna mreža postavljena je ispod prometnica, a kao materijal cijevi odabrano je lijevano željezo. Unutar WaterCAD V8i računalnog programa analizirana je upotreba čeličnih i PVC cijevi. Također, analizirana je pojava požara unutar vodoopskrbnog sustava i njezin utjecaj na fizikalne veličine. Rezultati hidrauličke analize unutar WaterCAD V8i računalnog programa prikazani su pomoću "Color coding" opcije koja omogućava jasan prikaz promjene fizikalnih veličina pomoću boja. Unutar Urbano Hydra računalnog programa, osim hidrauličkog proračuna, izrađeni su uzdužni i poprečni profili za pojedine dionice vodoopskrbnog sustava.

**Ključne riječi:** Čepić, vodoopskrbni sustav, hidraulički proračun, vodosprema, WaterCAD V8i, Urbano Hydra, optimalizacija vodoopskrbnog sustava

## **ABSTRACT**

Within this master's thesis, water supply system of the Čepić Village, which is located in the east of Istria, in the municipality of Kršan, was designed. Two variants of the water supply system were analyzed in this work. At the beginning of the thesis, the basic features of the observed area were defined, then the relevant quantities of water for certain categories of consumers were defined. After that, hydraulic analysis were performed using the Microsoft Excel program package. The calculation of the water reservoir volume was carried out. The computer programs WaterCAD V8i and Urbano Hydra were used to valorize the results of the hydraulic analysis. The water supply network was placed under the roads, and cast iron was chosen as the pipe material. The use of steel and PVC pipes was analyzed within the WaterCAD V8i computer program. Also, the occurrence of fire within the water supply system and its impact on physical quantities was analyzed. The results of the hydraulic analysis within the WaterCAD V8i computer program are displayed using the "Color coding" option, which enables a clear display of physical parameters using colors. Within the Urbano Hydra computer program, in addition to the hydraulic calculation, longitudinal pipeline and cross sections were created.

**Key words:** Čepić, water supply system, hydraulic analysis, water reservoir, WaterCAD V8i, Urbano Hydra, optimization of the water supply system

# SADRŽAJ

## POPIS SLIKA

## POPIS TABLICA

1.	<b>UVOD</b> .....	1
2.	<b>OSNOVNE ZNAČAJKE ANALIZIRANOG PODRUČJA</b> .....	2
	2.1. Povijesni razvoj .....	2
	2.2. Geografske i demografske značajke .....	3
	2.3. Klimatske značajke .....	4
	2.4. Geomorfološke značajke .....	6
	2.5. Vodoopskrbni sustav šireg područja.....	7
3.	<b>MJERODAVNE KOLIČINE VODA ZA POJEDINE VELIKE POTROŠAČE</b> .....	9
	3.1. Tipovi potrošača na danom području .....	9
	3.2. Određivanje broja stanovnika .....	10
	3.3. Specifična potrošnja vode.....	11
	3.4. Srednja dnevna potrošnja vode .....	12
	3.5. Maksimalna dnevna potrošnja vode .....	13
	3.6. Maksimalna satna potrošnja vode.....	15
	3.7. Potrošnja vode za industriju.....	16
	3.8. Potrošnja vode za gašenje požara .....	18
	3.9. Potrošnja vode za vlastite potrebe .....	20
	3.10. Gubici vode u vodoopskrbnom sustavu.....	21
4.	<b>HIDRAULIČKI PRORAČUN VODOOPSKRBNOG SUSTAVA</b> .....	22
5.	<b>PRORAČUN VODOSPREME/VODOTORNJA</b> .....	29
	5.1. Općenito o vodospremi/vodotoranju .....	29
	5.2. Gravitacijski dotok vode u vodospremu/vodotoranj.....	32
	5.2.1. <i>Operativna rezerva za gravitacijski dotok vode u vodospremu/vodotoranj</i> .....	32
	5.2.2. <i>Protupožarna rezerva za gravitacijski dotok u vodospremu/vodotoranj</i> .....	35
	5.2.3. <i>Sigurnosna rezerva za gravitacijski dotok u vodospremu/vodotoranj</i> .....	36
	5.2.4. <i>Ukupni volumen vodospreme/vodotoranja za gravitacijski dotok u vodospremu/vodotoranj</i> .....	36
	5.3. Dotok u vodospremu/vodotoranj crpljenjem .....	37



5.3.1. Operativna rezerva za dotok crpljenjem u vodospremu/vodotoranj .....	37
5.3.2. Protupožarna rezerva za dotok crpljenjem u vodospremu/vodotoranj .....	40
5.3.3. Sigurnosna rezerva za dotok crpljenjem u vodospremu/vodotoranj .....	40
5.3.4. Ukupni volumen vodospreme/vodotoranja za dotok crpljenjem u vodospremu/vodotoranj .....	41
5.4. Ukupan volumen vodospreme/vodotoranja.....	41
<b>6. TRASIRANJE CJEVOVODA .....</b>	<b>43</b>
<b>7. BENTLEY WATERCAD V8i .....</b>	<b>45</b>
7.1. Općenito o računalnom programu .....	45
7.2. Postavljanje mreže i definiranje njezinih značajki .....	46
7.2.1. Postavljanje hidrantske mreže.....	51
7.2.2. Definiranje potrošnje vode .....	52
7.3. Definiranje vodospreme/vodotoranja unutar WaterCAD V8i programa .....	55
<b>8. HIDRAULIČKA ANALIZA PODMODELA IZRAĐENIH U WATERCAD V8i RAČUNALNOM PROGRAMU.....</b>	<b>57</b>
8.1. Varijanta 1 .....	58
8.2. Varijanta 2 .....	74
<b>9. PRIMJENA URBANO HYDRA RAČUNALNOG PROGRAMA .....</b>	<b>83</b>
9.1 Općenito o Urbano Hydra računalnom programu .....	83
9.2 Dimenzioniranje vodoopskrbnog sustava u Urbano Hydra programu .....	84
9.3 Zadavanje podataka unutar Urbano Hydra programa.....	86
9.3.1 Definiranje nivelete cijevi.....	86
9.3.2 Definiranje rova cijevi.....	87
9.3.3 Definiranje gornjih slojeva rova .....	89
9.4 Hidraulički proračun unutar Urbano Hydra računalnog programa.....	91
9.4.1 Hidraulički proračun – Varijanta 1.....	92
9.4.2 Hidraulički proračun – Varijanta 2.....	93
9.5 Uzdužni i poprečni profili.....	94
<b>10. ZAKLJUČAK .....</b>	<b>97</b>
<b>11. LITERATURA.....</b>	<b>99</b>
<b>12. PRILOZI .....</b>	<b>100</b>

## POPIS SLIKA

Slika 1: Kretanje broja stanovnika u razdoblju od 1857. do 2021. godine

Slika 2: Geološka karta Čepića [6]

Slika 3: Vodoopskrbni sustav šireg područja

Slika 4: Raspodjela potrošača vode unutar vodoopskrbnog sustava naselja Čepić

Slika 5: Sheme razdjelne (distributivne) vodoopskrbne mreže [10]

Slika 6: Dijagram ovisnosti unutarnjeg promjera cjevovoda i protoka [10]

Slika 7: Nomogram hidrauličkih parametara za okrugle vodoopskrbne cijevi [10]

Slika 8: Pojednostavljeni prikaz vodospreme i njezinih osnovnih dijelova [9]

Slika 9: Grafoanalitičko rješenje gravitacijskog dotoka vode u vodospremu

Slika 10: Dijagram oscilacija vode u vodospremi – gravitacijski dotok

Slika 11: Grafoanalitičko rješenje dotoka vode u vodospremu crpljenjem

Slika 12: Dijagram oscilacija vode u vodospremi – dotok crpljenjem

Slika 13: Sučelje WaterCAD V8i računalnog programa

Slika 14: SI sustav jedinica u WaterCAD V8i računalnom programu

Slika 15: Prikaz pozadinskog sloja

Slika 16: Definiranje oznaka elemenata vodoopskrbne mreže u WaterCAD V8i programu

Slika 17: Definirana vodoopskrbna mreža unutar programa WaterCAD V8i

Slika 18: Unos značajki čvora J-1 pomoću “*Property Editor*”

Slika 19: Definiranje značajki cijevi unutar “*Flex Editor*”

Slika 20: Položaj hidranta H-3 unutar vodoopskrbne mreže

Slika 21: Definiranje uzorka potrošnje vode stanovništva u WaterCAD V8i programu

Slika 22: Definiranje uzorka potrošnje vode za industriju u WaterCAD V8i programu

Slika 23: Definiranje uzorka potrošnje vode za gašenje požara u WaterCAD V8i programu

Slika 24: Definiranje potrošnje vode stanovništva, industrije i kampa u WaterCAD V8i programu

Slika 25: Definiranje značajki vodospreme pomoću opcije “*Flex Table*” u WaterCAD V8i programu

Slika 26: Odabir vrste hidrauličke analize u WaterCAD V8i računalnom programu

Slika 27: “*Calculation Summary*” izvještaj u WaterCAD V8i računalnom programu

Slika 28: Dispozicija izvorišta, vodospreme i prekidne komore – Varijanta 1

Slika 29: Tablični prikaz dionica sa najvećim protocima i brzinama toka za vrijeme najveće satne potrošnje vode – Varijanta 1

Slika 30: Prikaz PRV ventila u WaterCAD V8i računalnom programu

Slika 31: Maksimalni radni tlakovi u mreži za lijevano-željezne cijevi – Varijanta 1

Slika 32: Minimalni radni tlakovi u mreži za lijevano-željezne cijevi – Varijanta 1

Slika 33: Karakteristike lijevano-željeznih cijevi unutar WaterCAD V8i računalnog programa

Slika 34: Karakteristike čeličnih cijevi unutar WaterCAD V8i računalnog programa

Slika 35: Karakteristike PVC cijevi unutar WaterCAD V8i računalnog programa

Slika 36: Maksimalni radni tlakovi u mreži za čelične cijevi – Varijanta 1

Slika 37: Maksimalni radni tlakovi u mreži za PVC cijevi – Varijanta 1

Slika 38: Uzdužni profil dionice Vodosprema - C84 – Varijanta 1

Slika 39: Uzdužni profil dionice Vodosprema - C-IND – Varijanta 1

Slika 40: Prikaz alternativa u WaterCAD V8i računalnom programu

Slika 41: Definiranje potrošnje vode za hidrant H-19 u slučaju požara

Slika 42: Definiranje novog scenarija u slučaju požara

Slika 43: Dijagram protoka i brzine toka vode na dionici P-159 - Varijanta 1

Slika 44: Promjena radnog tlaka na dionici P-159 za vrijeme požara – Varijanta 1

Slika 45: Postupak definiranja “*Color Coding*” prikaza vizualizaciju promjene protoka unutar vodoopskrbnog sustava

Slika 46: Prikaz promjene protoka pomoću “*Color Coding*” opcije, a) - za vrijeme potrošnje vode upola manje od maksimalne satne potrošnje vode (20 h), b) – za vrijeme maksimalne satne potrošnje vode (7 h)

Slika 47: Prikaz promjene brzina toka vode pomoću “*Color Coding*” opcije, a) - za vrijeme potrošnje vode upola manje od maksimalne satne potrošnje vode (20 h), b) – za vrijeme maksimalne satne potrošnje vode (7 h)

Slika 48: Prikaz promjene radnih tlakova pomoću “*Color Coding*” opcije, a) - za vrijeme potrošnje vode upola manje od maksimalne satne potrošnje (20 h), b) – za vrijeme maksimalne satne potrošnje vode (7 h)

Slika 49: Dispozicija vodospreme – Varijanta 2

Slika 50: Tablični prikaz dionica sa najvećim protocima i brzinama toka za vrijeme najveće satne potrošnje vode – Varijanta 2

Slika 51: Maksimalni radni tlakovi u mreži za lijevano-željezne cijevi – Varijanta 2

Slika 52: Minimalni radni tlakovi u mreži za lijevano-željezne cijevi – Varijanta 2

Slika 53: Maksimalni radni tlakovi u mreži za čelične cijevi – Varijanta 2

Slika 54: Maksimalni radni tlakovi u mreži za PVC cijevi – Varijanta 2

Slika 55: Uzdužni profil dionice Vodosprema - C-109 – Varijanta 2

Slika 56: Dijagram protoka i brzina toka vode na dionici Vodosprema - C-109 – Varijanta 2

Slika 57: Dijagram protoka i brzina toka vode na dionici P-169 – Varijanta 2

Slika 58: Prikaz promjene radnog tlaka na dionici P-169 za vrijeme požara – Varijanta 2

Slika 59: Prikaz promjene protoka pomoću “*Color Coding*” opcije, a) - za vrijeme potrošnje vode upola manje od maksimalne satne potrošnje vode (20 h), b) – za vrijeme maksimalne satne potrošnje vode (7 h)

Slika 60: Prikaz promjene brzina toka pomoću “*Color Coding*” opcije, a) - za vrijeme potrošnje vode upola manje od maksimalne satne potrošnje vode (20 h), b) – za vrijeme maksimalne satne potrošnje vode (7 h)

Slika 61: Prikaz promjene radnih tlakova pomoću “*Color Coding*” opcije, a) - za vrijeme potrošnje vode upola manje od maksimalne satne potrošnje vode (20 h), b) – za vrijeme maksimalne satne potrošnje vode (7 h)

Slika 62: Spremanje WaterCAD V8i datoteke u EPHANET (.inp) formatu

Slika 63: Odabir predloška unutar Urbano Hyrda računalnog programa

Slika 64: Uvezeni vodoopkrbni sustav iz WaterCAD V8i programa u Urbano Hydra računalni program

Slika 65: Zadavanje nivelete cijevi unutar Urbano Hydra računalnog programa

Slika 66: Definiranje postavki nivelete cijevi unutar Urbano Hydra računalnog programa

Slika 67: Zadavanje rovova cijevi unutar Urbano Hydra računalnog programa

Slika 68: Odabir tipa rova unutar Urbano Hydra računalnog programa

Slika 69: Postavljanje odabranog tipa rova kao mjerodavnog za cijeli vodoopkrbni sustav unutar Urbano Hydra računalnog programa

Slika 70: Odabir vrste gornje sloja rova unutar Urbano Hydra računalnog programa

Slika 71: Postavljanje odabrane vrste gornjeg sloja rova kao mjerodavne za cijeli vodoopkrbni sustav unutar Urbano Hydra računalnog programa

Slika 72: Izbornik Hydra unutar Urbano Hydra računalnog programa

Slika 73: Tablični prikaz dionica sa najvećim protocima za vrijeme najveće satne potrošnje vode unutar Urbano Hydra računalnog programa – Varijanta 1

Slika 74: Tablični prikaz dionica sa najvećim protocima za vrijeme najveće satne potrošnje vode unutar WaterCAD V8i računalnog programa – Varijanta 1

Slika 75: Tablični prikaz dionica sa najvećim protocima za vrijeme najveće satne potrošnje vode unutar Urbano Hydra računalnog programa – Varijanta 2

Slika 76: Tablični prikaz dionica sa najvećim protocima za vrijeme najveće satne potrošnje vode unutar WaterCAD V8i računalnog programa – Varijanta 2

Slika 77: Uređivanje konfiguracije uzdužnih profila unutar Urbano Hydra računalnog programa

Slika 78: Uređivanje konfiguracije poprečnih profila unutar Urbano Hydra računalnog programa

## **POPIS TABLICA**

Tablica 1: Srednje i ekstremne temperature zraka izmjerene na 2 m visine [4]

Tablica 2: Srednje mjesečne i godišnje količine oborine te maksimalne i minimalne mjesečne i godišnje količine oborine [4]

Tablica 3: Prosječne te maksimalne i minimalne srednje mjesečne i godišnje vrijednosti relativne vlažnosti zraka [4]

Tablica 4: Specifična potrošnja vode ovisno o karakteru opreme zgrade sanitarno-tehničkim uređajima [8]

Tablica 5: Specifična potrošnja vode za pojedine kategorije potrošača [8]

Tablica 6: Koeficijenti neravnomjernosti najveće dnevne potrošnje vode [8]

Tablica 7: Koeficijenti neravnomjernosti najveće satne potrošnje vode [8]

Tablica 8: Potrošnja vode u gospodarstvu (l/dan) po proizvodnom procesu [8]

Tablica 9: Parametri za proračun potrošnje vode za gašenje požara u naselju [8]

Tablica 10: Dubina vode u vodnoj komori ovisno o veličini vodospreme [11]

Tablica 11: Analitički proračun operativne rezerve vode za gravitacijski dotok vode u vodospremu

Tablica 12: Analitički proračun operativne rezerve vode za dotok vode u vodospremu crpljenjem

Tablica 13: Tablični prikaz multiplikatora u odnosu na neravnomjernost satne potrošnje vode stanovništva

## 1. UVOD

Voda je najvažniji kemijski spoj na Zemlji, bez kojeg život u postojećem obliku ne bi bio moguć. U današnje vrijeme, kada su klimatske promjene sve intenzivnije, zahtjevi da se voda isporuči svim ljudima na optimalan način postaju sve izazovnije.

Čepić je naselje u istočnoj Istri koje je ime dobilo po Čepićkom jezeru na čijoj se obali nalazilo. Ovim diplomskim radom provodi se idejno rješenje vodoopskrbnog sustava naselja Čepić za projektno razdoblje od 30 godina na čijem se kraju predviđa da će u Čepiću živjeti 499 stanovnika. U Istri se svakim danom sve više razvija turizam, pa je tako usvojeno da će u Čepiću na kraju projektnog razdoblja boraviti 500 turista u privatnom smještaju, a u ovom radu predviđa se i gradnja kampa u kojem može boraviti dodatnih 500 turista. Od industrije u Čepiću se nalazi jedino mljekara koja trenutno broji 1000 grla, no predviđa se da će na kraju projektnog razdoblja broj grla narasti na 2000.

U ovom diplomskom radu analizirane su dvije varijante vodoopskrbnog sustava, Varijanta 1 predstavlja postojeći vodoopskrbni sustav u kojem je vodosprema smještena u susjednom naselju Kožljak, dok Varijanta 2 predstavlja slučaj u kojem je vodosprema smještena u samom naselju Čepić.

Za obje su varijante provedeni hidraulički proračuni u Microsoft Excel programskom paketu. Hidraulički su proračuni također provedeni u sofisticiranim računalnim programima WaterCAD V8i i UrbanoHydra. Oba računalna programa omogućuju brzo i jednostavno crtanje vodoopskrbne mreže, definiranje svih vodoopskrbnih elemenata, brz hidraulički proračun i jasan prikaz rezultata hidrauličke analize putem *Flex Table* opcije.

Unutar WaterCAD V8i računalnog programa naglasak je stavljen na prikaz rezultata hidrauličke analize bojama pomoću "*Color Coding*" opcije, čime je omogućen jasan prikaz promjena fizikalnih veličina. Unutar Urbano Hydra računalnog programa definirani su uzdužni i poprečni profili za pojedine dionice unutar vodoopskrbnog sustava.

## 2. OSNOVNE ZNAČAJKE ANALIZIRANOG PODRUČJA

### 2.1. Povijesni razvoj

Prema legendi Čepić je dobio naziv po jezeru nastalom začepeljivanjem rupa kroz koje je voda rječice Boljunčice i bujičnih potoka s podnožja Učke ponirala u zemlju. Područje današnjeg Čepića u dokumentima se prvi put spominje 1102. godine kao dio kožljačkog posjeda, kada ga markgrof Ulrik II. poklanja akvilejskom patrijarhu. Čepić se nalazio na Austrijskoj strani nekadašnje granice između Austrije i Venecije. Čepić se na njemačkom nazivao Tschepitsch ili samo Pitsch sve do dolaska talijanske države u Istru, kada u sklopu talijanizacije dobiva naziv Felicia. Sastoji se od nekoliko zaseoka: Purgarije, Lanišća, Zatke, Čepić Polja i Kloštra [1].

Uz samu obalu jezera 1385. godine utemeljen je pavlinski samostan Blažene Djevice Marije, koji je zatvoren 1783. godine naredbom austrijskog cara Josipa II. To je najstariji pavlinski samostan u Istri i jedan od najstarijih samostana u Hrvatskoj. U samostanu je znalo živjeti i do 30 redovnika pavlina koji su obrazovali mladež, ali i obrađivali svoja mnogobrojna polja [1,2].

Površina Čepićkog jezera varirala je od 5,4 km<sup>2</sup> do 8,6 km<sup>2</sup>, dok je dubina varirala od 1 m do 2,5 m. Najveća širina jezera bila je 2,5 km, dok mu je dužina bila 4 km. Za najvećeg vodostaja voda je otjecala u rijeku Rašu. Južni dio jezera bio je plitak i kao takav uzrok nezdrave klime i veliko leglo malaričnih komaraca koji su uzrokovali smanjivanje lokalnog stanovništva. Iz tog razloga, ali i zbog dobivanja plodnih površina donešena je odluka o isušivanju jezera. Prihvaćena je varijanta kojom bi se Čepićko jezero isušilo preusmjeravanjem vode putem tunela u Plominski zaljev. Za potrebe isušivanja najprije je izgrađena brana, a nakon toga se sa obje strane počelo sa prokopom kanala i 4560 metara dugog tunela. Radovi su započeli 1928. godine, a brana ispred ulaznog portala u tunel minirana je 1932. godine čime je prema Plominskom zaljevu poteklo oko 20 milijuna kubika vode. Nakon toga izgrađeni su odvodni kanali i drugi dijelovi melioracijskog sustava čime su stvoreni osnovni uvjeti za privođenje kulturi oko 2500 hektara plodnog tla. Melioracijski zahvati u Čepićkom polju dovršeni su gradnjom lučne brane u središnjem dijelu vodotoka Boljunčice 1970. godine [1,2].

Čepić se za potrebe vodoopskrbe snabdijeva vodom iz izvora „Kožljak“. Izvor spada u sliv rijeke Boljunčice, a smješten je na zapadnim obroncima Učke i nalazi se na 277 metara nadmorske visine. Izvor je kaptiran 1937. godine od kada je i u eksploataciji. Kapacitet mu tijekom godine varira od



minimalnih 7 l/s do prosječnih 17 l/s. Prednost izvora je da voda i za vrijeme velikih kiša ostaje bistra. Prirodna voda se iz izvora „Kožljak“ dezinficira plinovitim klorom. Uređaj za proizvodnju elektrolitskog klora proizvodi dezinficijens iz slane otopine natrijevog klorida. Nastali plinski klor se bez zadržavanja, u trenutku nastanka i na licu mjesta otapa u vodi i distribuira u sustav vodoopskrbe [3].

## 2.2. Geografske i demografske značajke

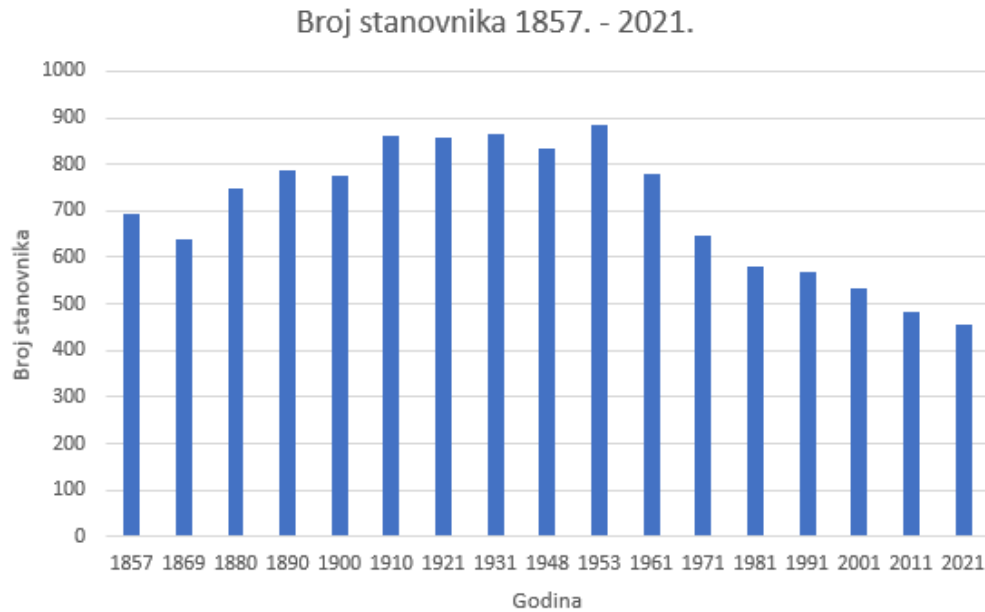
Čepić je dio općine Kršan koja se nalazi u centralnom dijelu istočnog priobalnog područja poluotoka Istre, a prostire se na 124 km<sup>2</sup>. Općina Kršan smještena je između Kvarnerskog zaljeva, Plominskog zaljeva i Plominske uvale, doline rijeke Raše, obronaka srednje Istre, područja Učke i uvale Brestova na obali. U području općine Kršan dominiraju dvije morfološke jedinice, prva je Čepićko polje, a druga je planinski masiv Učke. Treća važnija značajka tog prostora je Plominski zaljev koji se uvlači duboko u kopno [3].

Reljefno se područje općine Kršan može podijeliti na nizinski dio pod koji spadaju Čepićko polje, dolina gornje Raše i Boljunčice, brdoviti dio pod koji spada rubno područje nizinskog dijela do 300 metara nadmorske visine te predplaninski i planinski dio pod koji spada masiv Čičarije na istočnom dijelu općine do granice prema moru i Primorsko – goranskoj županiji.

Područje Čepića spada pod nizinski i brdoviti dio. Nizinski dio čine zaseoci Čepić polje i Kloštar te Čepićko polje koje je blago nagnuto, a najniža točka polja je na 24 m.n.m., u južnom dijelu udoline na mjestu gdje je nekada Boljunčica prirodno ponirala. Brdoviti dio čine zaseoci Čepić Purgarija, Lanišće i Zatkan koji su smješteni oko Čepićkog polja, a njihova nadmorska visina ne prelazi 100 m.n.m [1].

Područje općine Kršan čini ukupno 23 naselja. Prema popisu stanovništva iz 2021. godine općina Kršan imala je 2838 stanovnika. U odnosu na popis stanovništva iz 2011. godine općina je izgubila 113 stanovnika. Prosječna gustoća naseljenosti u općini Kršan iznosi 23,8 stan/km<sup>2</sup> [3].

Čepić je sa svojim zaseocima prema popisu stanovništva iz 2021. godine imao 456 stanovnika. U odnosu na popis stanovništva iz 2011. godine u Čepiću živi 25 stanovnika manje. Na slici 1. prikazano je kretanje broja stanovnika Čepića u razdoblju od 1857. do 2021. godine [3].



Slika 1: Kretanje broja stanovnika u razdoblju od 1857. do 2021. godine

### 2.3. Klimatske značajke

Klima je u Čepiću blaga, mediteranska, bez velikih temperaturnih promjena, s mnogo sunca i topline te s dosta vlage u zraku.

Prema Koopenevoj klasifikaciji klime Čepić spada u umjereno toplu kišnu klimu. Srednja mjesečna temperatura najhladnijeg mjeseca viša je od  $-3\text{ }^{\circ}\text{C}$ , a niža je od  $18\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Srednja temperatura najtoplijeg mjeseca, srpnja, viša je od  $22\text{ }^{\circ}\text{C}$ , a više od četiri mjeseca u godini imaju srednju mjesečnu temperaturu višu od  $10\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Prosječno najhladniji mjesec u godini je siječanj s temperaturom od  $3,9\text{ }^{\circ}\text{C}$  [4,5].

U tablici 1. prikazane su srednje i ekstremne temperature zraka izmjerene na 2 m visine za razdoblje od 1981. do 2017. godine, izmjerene na klimatološkoj postaji Čepić [4].

Tedi Cvečić, Idejno rješenje sanacije i proširenja vodoopskrbnog sustava naselja Čepić primjenom WaterCAD V8i računalnog programa

Tablica 1: Srednje i ekstremne temperature zraka izmjerene na 2 m visine [4]

Mjeseci	I.	II.	III.	IV.	V.	VI.	VII.	VIII.	IX.	X.	XI.	XII.	god.
$t_{\text{sred}}$	3,9	4,6	8,2	11,8	16,4	20,3	22,8	22,1	17,8	14,0	9,0	4,9	13,0
$t_{\text{sred, min}}$	0,5	1,3	3,7	8,6	12,6	18,1	20,7	19,8	14,6	11,6	5,2	0,7	11,4
$t_{\text{sred, max}}$	8,3	9,5	11,2	15,0	19,2	24,6	25,5	25,3	20,9	16,1	12,3	7,2	14,1

Prema prosječnom godišnjem hodu mjesečnih količina, oborinski režim je maritimni. Više oborine padne u hladnoj polovici godine (56%) s maksimumom u jeseni.

U tablici 2. prikazane su srednje mjesečne i godišnje količine oborine te maksimalne i minimalne mjesečne i godišnje količine oborine za razdoblje od 1981. do 2017. godine, izmjerene na klimatološkoj postaji Čepić. Prosječne godišnje oborine u promatranom razdoblju iznosile su 1140,1 mm. Maksimalna izmjerena godišnja oborina iznosila je 1848,7 mm, a minimalna izmjerena godišnja oborina iznosila je 673,7 mm. Srednje mjesečne oborine najveće su u periodu od rujna do prosinca i kreću se u rasponu od 109,8 mm do 158,3 mm, a najmanje su u srpnju i iznose 53,9 mm [4].

Tablica 2: Srednje mjesečne i godišnje količine oborine te maksimalne i minimalne mjesečne i godišnje količine oborine [4]

Mjeseci	I.	II.	III.	IV.	V.	VI.	VII.	VIII.	IX.	X.	XI.	XII.	god.
$H_{\text{sred}}$	86,7	87,5	80,4	72,7	82,1	81,6	53,9	82,9	123,4	125,5	158,3	109,8	1140,1
$H_{\text{maks}}$	195,2	294,6	205,5	179,4	196,0	213,0	174,0	293,6	302,8	310,2	431,8	305,6	1848,7
$H_{\text{min}}$	3,8	3,5	0,0	2,8	7,0	5,8	0,0	1,7	4,3	22,7	10,5	0,5	673,7

Srednja mjesečna relativna vlažnosti tijekom godine varira između 73% i 83% dok prosječna godišnja vlažnosti iznosi 78%. U tablici 3. prikazane su prosječne te maksimalne i minimalne srednje mjesečne i godišnje vrijednosti relativne vlažnosti zraka za razdoblje od 1981. do 2017. godine, izmjerene na klimatološkoj postaji Čepić [4].

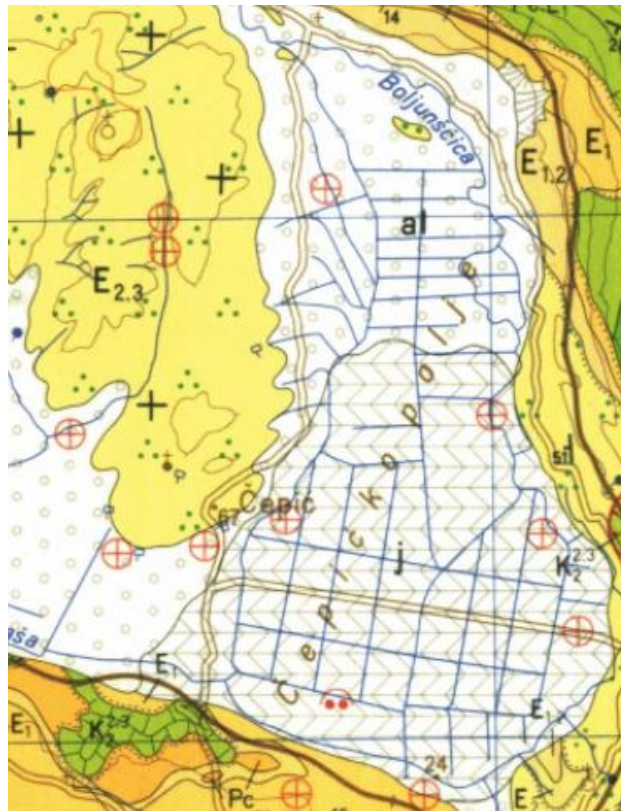
Tablica 3: Prosječne te maksimalne i minimalne srednje mjesečne i godišnje vrijednosti relativne vlažnosti zraka [4]

Mjeseci	I.	II.	III.	IV.	V.	VI.	VII.	VIII.	IX.	X.	XI.	XII.	god.
Prosj. (%)	82	79	75	76	77	75	73	74	79	82	83	82	78
MIN (%)	68	65	63	63	65	60	59	59	67	71	74	73	71
MAX (%)	93	92	89	91	92	93	88	90	88	91	92	93	89

## 2.4. Geomorfološke značajke

Područje Čepića nalazi se na sljedećim kronostratigrafskim jedinicama prikazanim na slici 2. [4,6]:

- flišne naslage oznake E<sub>2,3</sub> (srednji i gornji eocen),
- jezerske i aluvijalne naslage oznake j i al (holocen).



Slika 2: Geološka karta Čepića [6]

Flišne naslage E<sub>2,3</sub> srednjeg i gornjeg eocena široko su rasprostranjene na središnjem dijelu Istre i Pazinskom bazenu. Sastoje se od izmjene tanjih slojeva sitnozrnih lapora, pješčenjaka, silita, vapnenih breča i pijesaka. Ove naslage nalaze se na zapadnim, jugoistočnim i istočnim obroncima Čepić polja, a nalaze se i ispod kvartarnih naslaga Čepić polja. Najveća dubina ovih naslaga doseže do 450 metara [4,6].

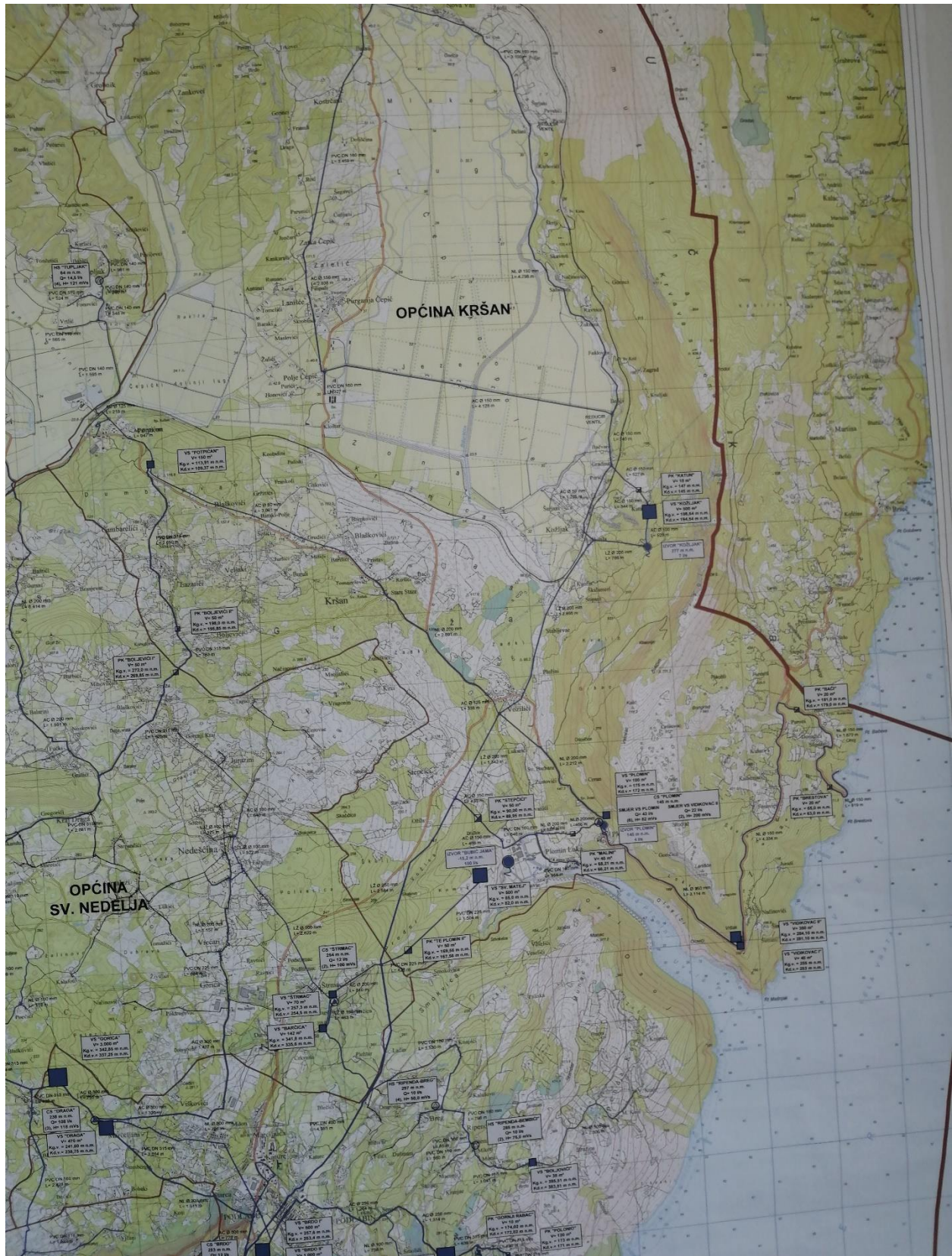
Jezerske naslage sastoje se uglavnom od siltova, pijeska i gline. Debljina im iznosi između 3 i 28 m, koliko je najviše izbušeno u Čepićkom polju. U novije vrijeme u sjevernom dijelu polja i na ostalim obodima polja ovi su sedimenti prekriveni grubljim klastičnim nanosnim materijalom. Aluvijalne naslage taložene su u dolinama današnjih rijeka. Sastoje se od glina i siltova te

proslojaka šljunka i pijeska u dubljim dijelovima. Debljina im je različita, ali rijetko prelazi 10 metara [4,6].

## **2.5. Vodoopskrbni sustav šireg područja**

Vodoopskrbni sustav Čepića dio je vodoopskrbnog sustava grada Labina. Vodoopskrbni sustav Labina sastoji se od približno 500 km vodovodne mreže, 32 vodospreme, 23 prekidnih komora, 7 pumpnih stanica i 10 hidrostanica te sveukupno ima oko 13 000 priključaka. Vodoopskrbni sustav Labina kontinuirano zahvaća vodu sa 3 izvora, izvora „Fonte Gaja - Kokoti“, izvora „Kožljak“ i izvora „Plomin“, a po potrebi zahvaća vodu i sa izvora „Mutvica“ te izvora „Sv. Anton“. Godišnje se u sustav sveukupno isporuči oko 2 500 000 m<sup>3</sup> vode [7]. Na slici 3. prikazan je vodoopskrbni sustav grada Labina sa najznačajnijim elementima.

Tedi Cvečić, Idejno rješenje sanacije i proširenja vodoopskrbnog sustava naselja Čepić primjenom WaterCAD V8i računalnog programa

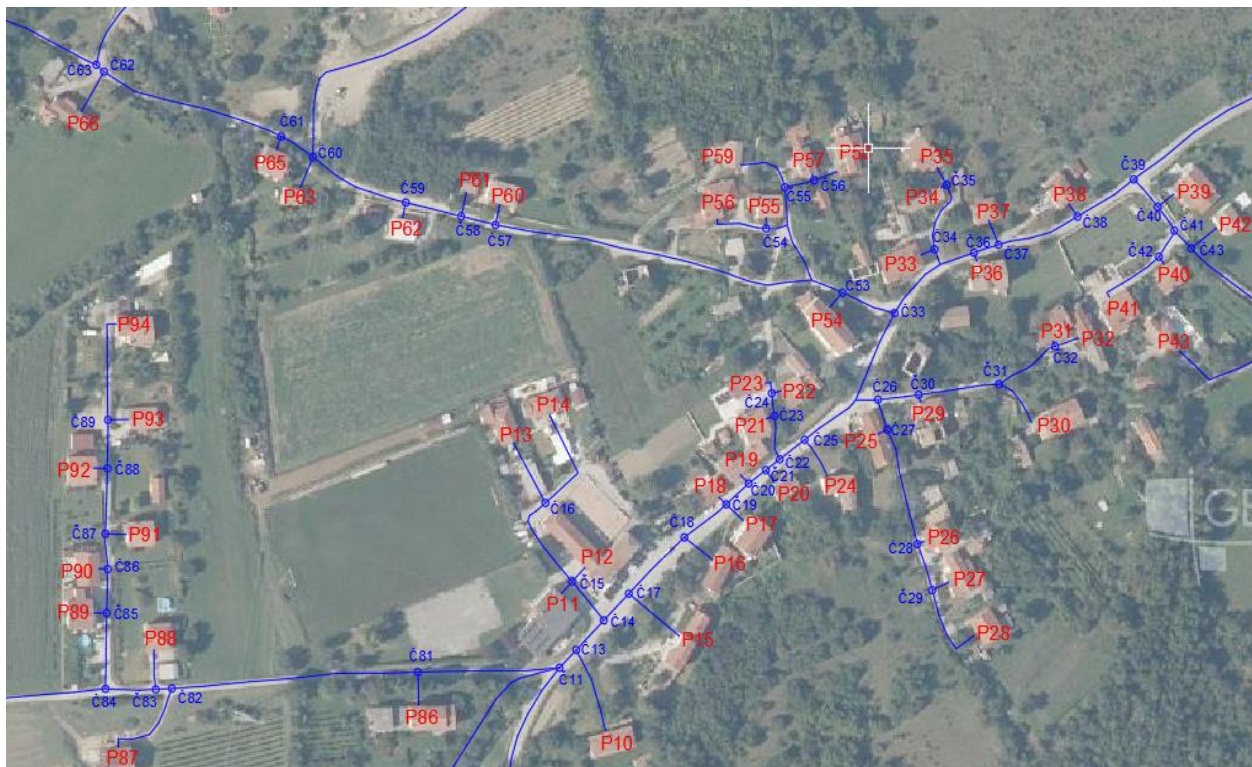


Slika 3: Vodoopskrbni sustav šireg područja [7]

### 3. MJERODAVNE KOLIČINE VODA ZA POJEDINE VELIKE POTROŠAČE

#### 3.1. Tipovi potrošača na danom području

Prilikom projektiranja svakog vodoopskrbnog sustava potrebno je definirati dva glavna parametra, to su količina i kvaliteta vode. Kako bi se odredile mjerodavne količine voda potrebno je definirati pojedine kategorije potrošača. Analizom naselja Čepić definirane su sljedeće kategorije potrošača: lokalno stanovništvo, turisti smješteni u privatnom smještaju, turisti smješteni u kampu i industrija. Prilikom definiranja mjerodavnih količina vode potrebno je uzeti u obzir i količinu vode koja je potrebna za gašenje požara, količinu vode koja je potrebna za vlastite potrebe vodoopskrbnog sustava te gubitke u vodoopskrbnom sustavu. Na slici 4. (Prilog 3.) prikazana je raspodjela potrošača unutar vodoopskrbnog sustava naselja Čepić.



Slika 4: Raspodjela potrošača vode unutar vodoopskrbnog sustava naselja Čepić

### 3.2. Određivanje broja stanovnika

Prilikom određivanja potrošnje vode lokalnog stanovništva potrebno je odrediti dva glavna parametra: broj stanovnika na kraju projektnog razdoblja ( $N_k$ ) i normu potrošnje vode koja se izražava specifičnom potrošnjom vode ( $q_{sp}$ ).

Konačni broj stanovnika vodoopskrbnog područja vremenski je promjenjiv te ovisi o lokalnim i socialno-ekonomskim parametrima. Svi objekti vodoopskrbnog sustava projektiraju se na način da zadovoljavaju potrebe koje se očekuju u budućnosti, tj. na kraju projektnog razdoblja. Projektno razdoblje za koje se sustav projektira ovisi o nizu čimbenika od kojih su neki sljedeći: vijek trajanja pojedinih objekata ili opreme vodoopskrbnog sustava, mogućnost proširenja sustava, promjena vrijednosti novca, itd. Za vodoopskrbni sustav uobičajeno se uzima projektno razdoblje u trajanju od 25 do 30 godina. Za to se razdoblje očekuje da projektirani sustav optimalno funkcionira zadovoljavajući potrebe stanovništva i radne uvjete uz ispravno upravljanje i redovita održavanja. Za projektiranje vodoopskrbnog sustava naselja Čepić usvojeno je projektno razdoblje od 30 godina.

Ukoliko podaci o broju stanovnika na kraju projektnog razdoblja nisu poznati iz prostornog plana ili prognoza broja stanovnika nije provedena, konačni se broj stanovnika na kraju projektnog razdoblja  $N_k$  može odrediti prema sljedećem izrazu:

$$N_k = N_0 * \left(1 + \frac{p}{100}\right)^{R_p} \quad (1)$$

gdje je:

$N_0$  – sadašnji broj stanovnika [/]

$p$  – godišnji postotak prirasta stanovništva [%]

$R_p$  – projektno razdoblje (izraženo u godinama).

Prema popisu stanovništva iz 2021. godine u naselju Čepić živi 456 stanovnika. Čepić je u odnosu na 2011. godinu imao negativni godišnji postotak prirasta stanovništva od -0,5%, no za sljedećih 30 godina predviđa se pozitivni godišnji prirast stanovništva od 0,3%. Uvrštavanjem u izraz (1) naselje Čepić će na kraju projektnog razdoblja 2052. godine imati 499 stanovnika.



Prilikom projektiranja vodoopskrbnog sustava u obzir treba uzeti i turiste koji borave u Čepiću, broj turista koji su smješteni u privatnom smještaju iznosi 500, a također predviđa se i izgradnja kampa u kojem će boraviti dodatnih 500 turista.

### 3.3. Specifična potrošnja vode

Specifična potrošnja vode definira potrošnju vode jednog stanovnika u vremenskom periodu od jednog dana, a izražava se u l/stan./dan. Ona se sastoji od najrazličitijih potreba za vodom u nekom kućanstvu, a ovisi o stupnju sanitarno-tehničke opremljenosti stana, kvaliteti i cijeni vode, uređenju naselja, postojanju kanalizacije, klimatskim prilikama i slično. Specifična potrošnja vode osnovna je veličina prilikom funkcionalnog dimenzioniranja vodoopskrbnog sustava. U Republici Hrvatskoj specifična potrošnja vode usvaja se iz stranih propisa (najčešće ruskih), no ove vrijednosti potrebno je uzeti s određenom dozom opreza jer su moguća odstupanja [8].

U tablici 4. prikazana je specifična potrošnja vode ovisno o karakteru opreme zgrade sanitarno-tehničkim uređajima.

Tablica 4: Specifična potrošnja vode ovisno o karakteru opreme zgrade sanitarno-tehničkim uređajima [8]

Karakter opreme zgrade sanitarno-tehničkim uređajima	Specifična potrošnja $q_{sp}$ (l/stan./dan)
Naselja sa zgradama koje nisu opremljene vodovodom i kanalizacijom	30 do 50
Naselja sa zgradama opremljenim unutarnjim vodovodom i kanalizacijom bez kupaonice	125 do 150
Naselja sa zgradama opremljenim vodovodom, kanalizacijom i kupaonicom	150 do 230
Naselja sa zgradama opremljenim unutarnjim vodovodom, kanalizacijom i sistemom centralne opskrbe toplom vodom	250 do 400

Naselje Čepić spada u zadnju kategoriju, odnosno u naselja sa zgradama opremljenim unutarnjim vodovodom, kanalizacijom i sistemom centralne opskrbe toplom vodom, čija se specifična potrošnja vode može kretati od 250 do 400 l/stan./dan.

Osim specifične potrošnje vode domaćeg stanovništva potrebno je odrediti i specifičnu potrošnju vode ostalih kategorija potrošača, u ovom slučaju turista u privatnom smještaju i turista smještenih u kampu. U tablici 5. prikazana je specifična potrošnja vode za pojedine kategorije potrošača.

Tablica 5: Specifična potrošnja vode za pojedine kategorije potrošača [8]

Kategorija potrošača	Specifična potrošnja qsp (l/turistu/dan)
Hoteli	300 do 500
Kampovi	80 do 180
Privatni smještaj	300
Odmarašta	200

U nastavku su prikazane usvojene specifične potrošnje vode prema kategorijama potrošača za projektiranje vodoopskrbnog sustava naselja Čepić:

- specifična potrošnja vode lokalnog stanovništva (499):  $q_{sp,stan.} = 300$  l/stan./dan
- specifična potrošnja vode turista u privatnom smještaju (500):  $q_{sp,ps.} = 300$  l/stan./dan
- specifična potrošnja vode turista u kampu (500):  $q_{sp,kamp} = 150$  l/stan./dan.

### 3.4. Srednja dnevna potrošnja vode

Kako bi odredili srednju dnevnu potrošnju vode potrebno je znati podatke o konačnom broju stanovnika i turista na kraju projektnog razdoblja  $N_k$  te specifičnu potrošnju vode  $q_{sp}$ . Srednja dnevna potrošnja vode  $\bar{Q}_{sr.dn.}$  (l/dan) može se odrediti prema sljedećem izrazu:

$$\bar{Q}_{sr.dn.} = q_{sp} * N_k \quad (2)$$

Srednja dnevna potrošnja vode razlikuje se ovisno o kategoriji potrošača s obzirom da različite djelatnosti zahtjevaju različite količine vode. Srednja dnevna potrošnja vode ovisi o: klimatskim uvjetima, životnom standardu, kakvoći vode, gospodarskoj strukturi stanovništva, cijeni vode, kontroli potrošnje vode i gubicima. Uvrštavanjem u izraz (2) dobivaju se srednje potrošnje vode po kategorijama potrošača:

$$\bar{Q}_{sr.dn.stan.} = 300 * 499 = 149\,700 \text{ l/dan} = 149,7 \text{ m}^3/\text{dan} = 1,73 \text{ l/s}$$

$$\bar{Q}_{sr.dn.ps.} = 300 * 500 = 150\ 000 \text{ l/dan} = 150 \text{ m}^3/\text{dan} = 1,74 \text{ l/s}$$

$$\bar{Q}_{sr.dn.kamp} = 150 * 500 = 75\ 000 \text{ l/dan} = 75 \text{ m}^3/\text{dan} = 0,87 \text{ l/s.}$$

Kako bi dobili ukupnu srednju dnevnu potrošnju vode potrebno je zbrojiti srednje dnevne potrošnje pojedinih potrošača prema sljedećem izrazu:

$$\bar{Q}_{uk.sr.dn.} = \sum \bar{Q}_{sr.dn.} \quad (3)$$

$$\bar{Q}_{uk.sr.dn.} = \bar{Q}_{sr.dn.stan.} + \bar{Q}_{sr.dn.ps.} + \bar{Q}_{sr.dn.kamp} = 374\ 700 \text{ l/dan} = 374,7 \text{ m}^3/\text{dan} = 4,34 \text{ l/s}$$

### 3.5. Maksimalna dnevna potrošnja vode

Maksimalna dnevna potrošnja vode  $Q_{max.dn.}$  (l/dan) definira se kao umnožak srednje dnevne potrošnje vode  $\bar{Q}_{sr.dn.}$  i koeficijenta neravnomjernosti najveće dnevne potrošnje  $K_{max.dn.}$ , a prikazana je izrazom (4).

$$Q_{max.dn.} = \bar{Q}_{sr.dn.} * K_{max.dn.} \quad (4)$$

Koeficijent neravnomjernosti najveće dnevne potrošnje uzima u obzir pojavu da se svakog dana ne potroši ista količina vode, a on ovisi o vrsti naselja, odnosno o broju stanovnika koji žive u naselju. Za naselje seoskog tipa koeficijent neravnomjernosti je najveći, a najmanji je za grad sa preko 100 000 stanovnika, jer u takvom gradu ne dolazi do značajnijih oscilacija potrošnje vode. Također turistički objekti većeg standarda imaju ujednačeniju potrošnju vode, pa je njihov koeficijent neravnomjernosti manji od npr. kampa čija potrošnja vode ovisi o vremenskim i klimatskim uvjetima. Koeficijenti neravnomjernosti najveće dnevne potrošnje vode za različite potrošače prikazani su u tablici 6.

Tablica 6: Koeficijenti neravnomjernosti najveće dnevne potrošnje vode [8]

Kategorija potrošača	$K_{max.dn.}$
Naselje seoskog tipa	2
Naselje mješovitog tipa	1,7
Naselje gradskog tipa	
do 10 000 stanovnika	1,5
10 do 15 000 stanovnika	1,4
50 do 100 000 stanovnika	1,3
preko 100 000 stanovnika	1,25
Turistički objekti	
A kategorija	1,4
Ostale kategorije	1,6
Privatni smještaj	1,8
Kampovi	2
Bolnice	1,5
Stoka	1,5

Maksimalna dnevna potrošnja vode  $Q_{max.dn.}$  mjerodavna je za hidrauličko dimenzioniranje vodozahvata, crpne stanice, uređaja za kondicioniranje vode, vodosprema i glavnih dovodnih cjevovoda koji povezuju navedene objekte.

Čepić je naselje seoskog tipa te je za proračun odabran koeficijent neravnomjernosti najveće dnevne potrošnje vode  $K_{max.dn.} = 2$ , u nastavku je prikazan proračun maksimalne dnevne potrošnje vode po kategorijama potrošača:

$$Q_{max.dn.stan.} = \bar{Q}_{sr.dn.stan.} * K_{max.dn.stan.} = 149\,700 * 2 = 299\,400 \text{ l/dan} = 3,47 \text{ l/s}$$

$$Q_{max.dn.ps.} = \bar{Q}_{sr.dn.ps.} * K_{max.dn.ps.} = 150\,000 * 1,8 = 270\,000 \text{ l/dan} = 3,13 \text{ l/s}$$

$$Q_{max.dn.kamp.} = \bar{Q}_{sr.dn.kamp.} * K_{max.dn.kamp.} = 75\,000 * 2 = 150\,000 \text{ l/dan} = 1,74 \text{ l/s.}$$

Kako bi dobili ukupnu maksimalnu dnevnu potrošnju vode potrebno je zbrojiti maksimalne dnevne potrošnje pojedinih potrošača prema sljedećem izrazu:

$$Q_{uk.max.dn.} = \sum Q_{max.dn.} \quad (5)$$

$$Q_{uk.max.dn.} = Q_{max.dn.stan.} + Q_{max.dn.ps.} + Q_{max.dn.kamp.} = 719\,400 \text{ l/dan} = 719,4 \text{ m}^3/\text{dan}$$

$$= 8,34 \text{ l/s}$$

### 3.6. Maksimalna satna potrošnja vode

Maksimalna satna potrošnja vode  $Q_{max.sat}$  (l/h) definira se kao količina vode koja se potroši u satu najveće potrošnje, određuje se kao umnožak maksimalne dnevne potrošnje vode  $Q_{max.dn.}$  i koeficijenta neravnomjernosti najveće satne potrošnje vode  $K_{max.sat}$ , prema izrazu:

$$Q_{max.sat} = Q_{max.dn.} * K_{max.sat} / 24 \quad (6)$$

Koeficijent neravnomjernosti najveće satne potrošnje vode uzima u obzir varijacije u potrošnji vode unutar jednog dana. On ovisi o veličini naselja, načinu života stanovnika i djelatnostima potrošača. U tablici 7. prikazani su koeficijenti neravnomjernosti najveće satne potrošnje vode za različite kategorije potrošača.

Tablica 7: Koeficijenti neravnomjernosti najveće satne potrošnje vode [8]

Kategorija potrošača	$K_{max.sat.}$
Naselje seoskog tipa	3
Naselje mješovitog tipa	2,4
Naselje gradskog tipa	
do 10 000 stanovnika	1,8
10 do 15 000 stanovnika	1,6
50 do 100 000 stanovnika	1,5
preko 100 000 stanovnika	1,4
Turistički objekti	
A kategorija	2,5
Ostale kategorije	2,2
Privatni smještaj	2,2
Kampovi	2,3
Bolnice	2,2
Stoka	3

Maksimalna satna potrošnja vode  $Q_{max.sat}$  mjerodavna je za hidrauličko dimenzioniranje crpnih stanica (kod potisnih sustava), glavnih opskrbnih cjevovoda, glavnih dovodno-opskrbnih cjevovoda i razdjelnih mreža.

Čepić je naselje seoskog tipa te je za proračun odabran koeficijent neravnomjernosti najveće satne potrošnje vode  $K_{max.sat} = 3$ , u nastavku je prikazan proračun maksimalne satne potrošnje vode po kategorijama potrošača:

$$Q_{max.sat.stan.} = Q_{max.dn.stan.} * K_{max.sat.stan.} / 24 = 299\ 400 * 3 / 24 = 37\ 425 \text{ l/h} = 10,4 \text{ l/s}$$

$$Q_{max.sat.ps.} = Q_{max.dn.ps.} * K_{max.sat.ps.} / 24 = 270\ 000 * 2,2 / 24 = 24\ 750 \text{ l/h} = 6,88 \text{ l/s}$$

$$Q_{max.sat.kamp.} = Q_{max.dn.kamp.} * K_{max.sat.kamp.} / 24 = 150\ 000 * 2,3 / 24 = 14\ 375 \text{ l/h} \\ = 4 \text{ l/s.}$$

Kako bi dobili ukupnu maksimalnu satnu potrošnju vode potrebno je zbrojiti maksimalne satne potrošnje vode pojedinih potrošača prema sljedećem izrazu:

$$Q_{uk.max.sat} = \sum Q_{max.sat} \quad (7)$$

$$Q_{uk.max.sat.} = Q_{max.sat.stan.} + Q_{max.sat.ps.} + Q_{max.sat.kamp.} = 76\ 550 \text{ l/dan} = 21,26 \text{ l/s}$$

### 3.7. Potrošnja vode za industriju

Potrošnja vode za industrijske potrebe jako varira i često je vrlo različita, ona ovisi o vrsti primjenjene opreme, tehnološkom procesu i lokalnim uvjetima. Kako bi se odredila količina vode potrebna za industrijsku proizvodnju poželjno je provesti anketu kod proizvodnih tehnologa. Količina vode koja je potrebna za neki tehnološki proces  $Q$  može se dobiti umnoškom jedinične potrošnje vode po gotovom proizvodu  $q_{jed.}$  i planiranog broja proizvoda koji se proizvede u jednom danu  $n$ , prema sljedećem izrazu [8]:

$$Q = q_{jed.} * n \quad (8)$$

Na području Čepića nalazi se samo jedna industrija, mljekara koja trenutno broji 1000 grla krava, no tijekom projektog razdoblja od 30 godina planira se proširenje mljekare na 2000 grla. Svakog dana po grlu krave proizvede se 20 l mlijeka, što znači da će se na kraju projektog razdoblja na farmi dnevno proizvoditi 40 000 litara mlijeka. U tablici 8. prikazana je potrošnja vode u gospodarstvu (l/dan) po proizvodnom procesu.

Tedi Cvečić, Idejno rješenje sanacije i proširenja vodoopskrbnog sustava naselja Čepić primjenom WaterCAD V8i računalnog programa

Tablica 8: Potrošnja vode u gospodarstvu (l/dan) po proizvodnom procesu [8]

Kategorija potrošača	Jedinica proizvoda	Potrošnja vode po jedinici proizvoda (l/dan)
Betonara	po t proizvoda	400 do 1800
Ciglna	po 1000 komada opeke	500
Tvornica duhana	po kg duhana	15 do 20
Fotograf	po zaposlenom na dan	300
Frizer	po zaposlenom na dan	250 do 300
Gradilište	po 1000 komada ugrađene opeke	750
Klaonica	po komadu krupne stoke	300 do 600
	po komadu sitne stoke	200 do 300
Tvornica konzervi	po kg proizvoda	10
Kožara	po velikoj koži	2000 do 3000
	po maloj koži	1200 do 1500
Mesar	po zaposlenom	250 do 400
Mljekara	po litri mlijeka	4 do 8
Tvornica papira	po kg proizvoda	200 do 1000
Pekar	po zaposlenom	150 do 250
Pivovara	po litri piva	10 do 20
Slastičar	po zaposlenom	180 do 250
Praonica rublja	po kg suhog rublja	30 do 60
Šećerana	po kg šećera	120
Tekstilna tvornica	po zaposlenom	100 do 2500
Tvornica tjestenine	po kg proizvoda	5
Tvornica	po zaposlenom	80
Željezara	po kg proizvoda	15 do 50

Iz tablice 8. očitava se da je za 1 litru mlijeka potrebno od 4 do 8 litara vode na dan. Kao mjerodavna količina vode usvojeno je 6 l vode na dan po litri mlijeka. Umnoškom 40 000 litara mlijeka koje će se proizvoditi na dan i 6 l vode koja je potrebna za proizvodnju 1 l mlijeka dobiva se potrebna količina vode za industriju od 240 000 l/dan.

Predviđa se da će farma raditi svaki dan po 16 sati, od 6 h do 22 h, a potrebna količina vode po danu iznosi 5 l/s. Kako bi dobili konačnu količinu vode za industriju potrebno je pomnožiti potrebnu količinu vode i broj radnih sati industrije:

$$Q_{ind.} = 5 * 16 * 60 * 60 = 288\ 000 \text{ l/dan} = 288 \text{ m}^3/\text{dan.}$$

### **3.8. Potrošnja vode za gašenje požara**

Proračunu potrošnje vode za gašenje požara treba pristupiti oprezno jer ono uvelike utječe na zaštitu ljudskih života i materijalnih dobara. U gradovima količina vode koja je potrebna za gašenje požara predstavlja mali dio ukupnih potreba, dok u manjim naseljima i selima ova količina vode predstavlja značajan dio i bitno utječe na odabir profila cijevi, crpki i potrebnog radnog tlaka. Potrošnja vode za gašenje požara posebno se proračunava za naselje i posebno za industriju [9].

*Pravilnikom o hidrantskoj mreži za gašenje požara (NN 8/06)* propisani su zahtjevi za hidrantske mreže za gašenje požara i slučajevi u kojima se hidrantska mreža za gašenje požara obavezno primjenjuje. Pravilnikom je propisano unutarnje i vanjsko gašenje požara. Unutarnje gašenje požara podrazumijeva gašenje požara pomoću požarnih ventila koji su instalirani na unutarnjim vodovodnim cijevima. Pod vanjsko gašenje požara spada gašenje požara vodenim mlazovima iz podzemnih i nadzemnih požarnih hidranata.

#### **Gašenje požara za naselje:**

Količina vode koja je potrebna za gašenje vode u naselju ovisi o veličini naselja, odnosno o broju stanovnika, otpornosti objekata od požara te karakteru izgrađenosti i zbijenosti. Kako bi proračunali količinu vode za gašenje požara potrebno je odrediti potrošnju vode koje je potrebna za gašenje jednog požara (l/s), broj istovremenih požara na području grada ili industrije te minimalno trajanje gašenja požara (h) [8]. Propisane vrijednosti navedenih parametara definirani su u tablici 9.



Tablica 9: Parametri za proračun potrošnje vode za gašenje požara u naselju [8]

Veličina naselja	Broj istovremenih požara	Minimalno trajanje gašenja požara	Potrošnja vode po jednom požaru $q_{sp}$ (l/s)
Sela ispod 1 000 stanovnika	1	2	5
Manja naselja do 5 000 stanovnika	1	2	10
Gradovi od 6 000 do 10 000 stanovnika	1	2	15
Gradovi od 11 000 do 25 000 stanovnika	2	2	15
Gradovi od 26 000 do 50 000 stanovnika	2	2	25
Gradovi od 51 000 do 100 000 stanovnika	2	2	35
Gradovi od 101 000 do 200 000 stanovnika	3	2	40
Gradovi od 201 000 do 300 000 stanovnika	3	2	50
Gradovi od 301 000 do 400 000 stanovnika	3	2	60
Gradovi od 401 000 do 500 000 stanovnika	3	2	70
Gradovi od 501 000 do 600 000 stanovnika	3	2	75
Gradovi od 601 000 do 700 000 stanovnika	3	2	80
Gradovi od 701 000 do 800 000 stanovnika	3	2	85
Gradovi od 801 000 do 1 000 000 stanovnika	3	2	90
Gradovi od 1 001 000 do 2 000 000 stanovnika	4	2	90

U naselju Čepić ukupni broj stanovnika (499) i turista (1 000) iznosi 1 499. Prema tablici 9. Čepić spada u kategoriju manjih naselja do 5 000 stanovnika s jednim istovremenim požarom, minimalnim trajanjem gašenja požara od 2 sata i potrebnom potrošnjom vode po jednom požaru od 10 l/s. Potrebna količina vode za gašenje požara naselja određuje se prema sljedećem izrazu:

$$Q_{pož.naselje} = 1 * 2 * 10 * 60 * 60 = 72\ 000 \text{ l/dan} = 72 \text{ m}^3/\text{dan}.$$

#### Gašenje požara kod industrijskih objekata:

Količina vode koja je potrebna za gašenje požara kod industrijskih objekata ovisi o otpornosti objekta od požara, tehnološkom procesu, odnosno proizvodu koji se proizvodi u industriji te obujmu objekta koji se štiti.

Potrošnja vode za gašenje požara u industriji kreće se u granicama od 10 do 35 l/s po jednom požaru. Kod projektiranja količina vode za gašenje požara u industriji odabere se vrijednost unutar navedenih granica ovisno o tehnološkom procesu i proizvodu koji se proizvodi u industriji. Primjerice, za industriju u kojoj se proizvodi beton potrošnja vode za gašenje požara biti će manja od potrošnje vode za gašenje požara u tvornici duhana u kojoj je veća mogućnost za nastanak požara. Ukoliko je površina na kojoj se nalazi industrijski objekt manja od 150 ha proračun se

provodi za jedan istovremeni požar, a ukoliko je površina veća od 150 ha proračun se provodi za dva istovremena požara.

Za farmu odabrana je potrošnja vode za gašenje požara od 20 l/s, minimalno trajanje gašenja požara od 2 sata, a površina na kojoj se nalazi farma manja je od 150 ha, te je stoga proračun proveden za jedan istovremeni požar:

$$Q_{pož.industrija} = 1 * 2 * 20 * 60 * 60 = 144\ 000 \text{ l/dan} = 144 \text{ m}^3/\text{dan}$$

Ukupna količina vode koja je potrebna za gašenje požara jednaka je zbroju količine vode za gašenje požara za naselje i količini vode za gašenje vode u industriji:

$$Q_{uk.pož} = Q_{pož.naselje} + Q_{pož.industrija} = 216\ 000 \text{ l/dan} = 216 \text{ m}^3/\text{dan}.$$

### 3.9. Potrošnja vode za vlastite potrebe

Potrošnja vode za vlastite potrebe odnosi se na količinu vode koja je potrebna za ispiranje i izvedbu vodoopskrbnih objekata unutar vodoopskrbnog sustava. Trenutno ne postoje odgovarajući normativi kojima se propisuje potrebna količina vode za vlastite potrebe vodoopskrbnog sustava, već se one određuju na temelju iskustva i karakteristika sustava.

Potrošnja vode za vlastite potrebe može se odrediti kao 5 do 10 % srednje dnevne potrošnje vode ili 1 do 2 % maksimalne dnevne potrošnje vode zajedno s industrijom, a kao mjerodavna količina vode za vlastite potrebe vode usvaja se veća vrijednost:

**1. način:**  $Q_{vl.pot} = 5 - 10 \% Q_{uk.sr.dn.} = 0,1 * 374,7 = 37,47 \text{ m}^3/\text{dan}$

**2. način:**  $Q_{vl.pot} = 1 - 2 \% (Q_{uk.max.dn.} + Q_{ind}) = 0,02 * (719,4 + 288) = 20,15 \text{ m}^3/\text{dan}.$

Kao mjerodavna količina vode za vlastite potrebe usvojena je vrijednost od 37,47 m<sup>3</sup>/dan.

### 3.10. Gubici vode u vodoopskrbnom sustavu

Gubici vode javljaju se kod svakog vodoopskrbnog sustava, a dijele se na prave i prividne gubitke. Pod prave gubitke spada količina vode koja se može izmjeriti na glavnom mjerilu, a nastali su zbog loma cijevi, loše izvedbe spojeva, loših armatura, propusnosti rezervoara, itd. Pod prividne gubitke spadaju gubici zbog neispravnosti vodomjera, nekontrolirano uzimanje vode s hidranata, gubici uslijed ilegalnog priključenja na vodoopskrbnu mrežu [9].

Gubici vode u vodoopskrbnom sustavu kreću se u granicama [8]:

- do 20 % ( $Q_{uk.max.dn.} + Q_{ind}$ ) - izvrstan vodovod
- 20 – 40 % ( $Q_{uk.max.dn.} + Q_{ind}$ ) - dobar vodovod
- preko 40 % ( $Q_{uk.max.dn.} + Q_{ind}$ ) - loš vodovod.

Budući da se ovim projektom projektira novi vodoopskrbni sustav usvaja se da će njegovi gubici biti do 20 % ukupne maksimalne dnevne potrošnje vode zajedno sa industrijom:

$$Q_{gub.} = 20 \% (Q_{uk.max.dn.} + Q_{ind}) = 0,2 * (719,4 + 288) = 201,48 \text{ m}^3/\text{dan.}$$

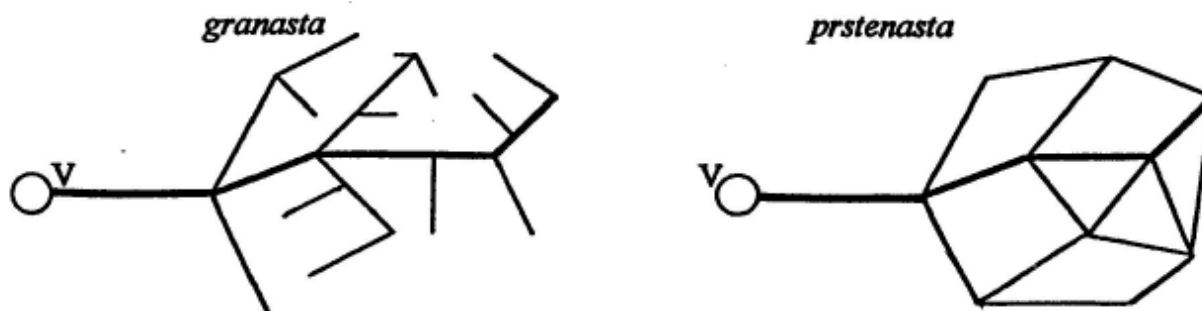
#### **4. HIDRAULIČKI PRORAČUN VODOOPSKRBNOG SUSTAVA**

Nakon određivanja mjerodavnih količina vode i definiranja sheme vodoopskrbne mreže sljedeći korak prilikom projektiranja vodoopskrbnog sustava je hidraulički proračun. Vodoopskrbnu mrežu potrebno je hidraulički dimenzionirati na takav način da u svakom trenutku zadovoljava potrebne vodoopskrbne količine i tlakove u mreži. Hidrauličkim proračunom vodoopskrbnog sustava dimenzioniraju se cjevovodi u vodoopskrbnoj mreži, dobivaju se radni tlakovi te gubici i brzine tečenja vode u cjevovodima.

Prema režimu tečenja u vodoopskrbnoj mreži razlikuju se dva hidraulička proračuna, hidraulički proračun tečenja sa slobodnim vodnim licem i hidraulički proračun tečenja pod tlakom. Tečenje sa slobodnim vodnim licem odvija se u otvorenim kanalima i cjevovodima, no ono se primjenjuje samo za dovod vode od izvorišta do vodospreme. Režim tečenja sa slobodnim vodnim licem ne primjenjuje se nakon vodospreme zato jer je u vodoopskrbnoj mreži potrebno osigurati opskrbne radne tlakove. U praksi se najčešće primjenjuje tečenje pod tlakom, a ono može biti gravitacijsko, potisno ili kombinirano gravitacijsko-potisno [10].

Vodoopskrbna mreža sastoji se od glavne (magistralne) i razdjelne (distributivne) vodoopskrbne mreže. Cjevovodi glavne mreže mogu biti dovodni, opskrbni te dovodno opskrbni. Dovodni cjevovodi nalaze se između izvorišta i uređaja za kondicioniranje voda ili između uređaja za kondicioniranje voda i vodospreme. Opskrbni cjevovodi nalaze se između vodospreme i naselja, te dovodno opskrbni cjevovod u slučaju vodoopskrbnog sustava s protuvodospremom. Razdjelna, odnosno distributivna vodoopskrbna mreža može biti izvedena kao granasta ili prstenasta. Kod granaste mreže tečenje se odvija u jednom smjeru, od vodospreme do potrošača, iz tog razloga mreža je jednostavnija i lakše se projektira. Posljedica toga je manja ukupna duljina mreže te je ona financijski isplativija. Najveća mana ove vrste vodoopskrbne mreže je da u slučaju prekida dovoda vode na jednom dijelu mreže to obvezno dovodi do prestanka dovoda vode u sve nizvodne dionice. Također kod granaste mreže pojavljuju se veći tlačni gubici te smanjenje kakvoće vode na mnogobrojnim krajevima mreže zbog taloženja i razgradnje organskih tvari. Kod prstenaste vodoopskrbne mreže voda može teći u dva smjera, ovisno o režimu potrošnje u pojedinim djelovima mreže. Iz tog razloga ova vrsta mreže ima veću sigurnost opskrbe te kod nje ne dolazi do umrtvljenja toka i smanjenja kakvoće vode. Najveća mana ove mreže je veća ukupna duljina

vodovodnih cijevi zato jer se svi dijelovi mreže moraju povezati u prstenove te se pojedine dionice moraju izvoditi samo zato da bi se mogli formirati prstenovi. Hidraulički proračun prstenaste vodoopskrbne mreže može se provesti primjenom Hardy-Crossove metode. Nekada je hidraulički proračun prstenaste mreže bio veliki problem i praktički neizvediv za mrežu sa više od 10 prstenova, no danas uz primjenu računalne tehnologije ovaj je problem gotovo u potpunosti riješen. Na slici 5. prikazane su sheme granaste i prstenaste vodoopskrbne mreže [9].



Slika 5: Sheme razdjelne (distributivne) vodoopskrbne mreže [10]

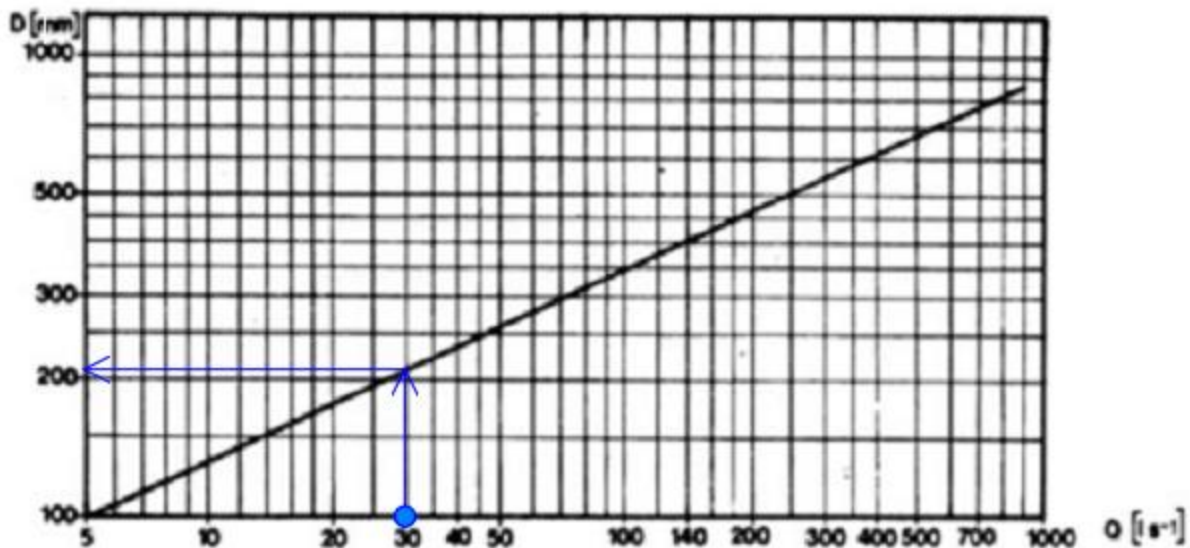
Razdjelna vodoopskrbna mreža naselja Čepić projektirana je kao granasta zbog jednostavnosti proračuna i i financijske isplativosti. Hidraulički proračun provodi se primjenom Bernoullijeve jednadžbe kojom se određuje hidrodinamički tlak i piezometarske visine te jednadžbom kontinuiteta kojom se određuje mjerodavni protok za dimenzioniranje cijevi i srednje brzine toka vode za odabrani promjer cijevi.

Kako bi se sproveo hidraulički proračun potrebno je definirati shemu vodoopskrbne mreže uz numeriranje svih njezinih dionica, potrošača i čvorova. Hidraulički proračun provest će se tablično u programskom softveru Microsoft Excel (*Prilog 1. i Prilog 12.*). Nakon definiranja i numeriranja svih potrebnih elemenata potrebno je odrediti pojedine dužine dionica vodoopskrbne mreže. Sljedeći korak je određivanje specifične potrošnje vode po metru dužnom  $q_{spec}$  (l/s/m'). Ona je definirana kao kvocijent sume maksimalnih satnih potrošnji vode stanovništva i turista u privatnom smještaju  $Q_{max.sat. (stan+p.s.)}$  i ukupne duljine vodovoda  $\sum L'$  (bez dionica na kojima se nalaze kamp, industrija te dionica na kojima nema potrošnje vode):

$$q_{spec} = \frac{Q_{max.sat.(stan+p.s.)}}{\sum L'} \quad (9)$$

Nakon specifične potrošnje vode po metru dužnom potrebno je odrediti koeficijent  $K$  koji uzima u obzir opterećenost pojedine dionice u odnosu na druge. Za hidraulički proračun vodoopskrbnog sustava naselja Čepić usvojen je koeficijent opterećenosti  $K=1$ . Koeficijent  $K$  množi se sa pojedinim dužinama dionica kako bi se dobile virtualne dužine, u ovom slučaju virtualne dužine biti će jednake stvarnim dužinama dionica. Kako bi se dobili vlastiti mjerodavni protoci po pojedinim dionicama cjevovoda za stanovništvo i turiste u privatnom smještaju potrebno je pomnožiti virtualne dužine i specifičnu potrošnju vode po metru dužnom  $q_{spec}$ . Nakon određivanja mjerodavnih protoka svih dionica potrebno je provesti tzv. „prvu kontrolu“. Kako bi „prva kontrola“ bila zadovoljena suma svih vlastitih protoka kojima se opskrbljuju stanovništvo i turisti u privatnom smještaju mora biti jednaka sumi maksimalne satne potrošnje vode stanovništva i turista u privatnom smještaju. Sljedeći korak je određivanje ukupnog protoka pojedinih dionica, on se sastoji od vlastitog protoka i tranzitnog protoka. Sve dionice na kojima se nalaze potrošači imaju vlastite protoke. Tranzitni protok neke dionice je onaj protok koji mora prolaziti tom dionicom kako bi se mogle zadovoljiti potrebe opskrbe vodom nizvodnih dionica. U ovom dijelu provodi se i tzv. „druga kontrola“ prema kojoj prva dionica ispod vodospreme mora imati tranzitni protok jednak ukupnoj maksimalnoj satnoj potrošnji vode svih potrošača u vodoopskrbnom sustavu. Kako bi odredili mjerodavan protok za dimenzioniranje cjevovoda moguće je odabrati veću vrijednost između ukupnog protoka i protoka za gašenje požara koji je definiran u prethodnom poglavlju prilikom određivanja mjerodavnih količina vode. Takav pristup donosi manju sigurnost prilikom projektiranja. Ukoliko se želi postignuti veća sigurnost potrebno je zbrojiti ukupni protok i protok za gašenje požara, no takav pristup donosi predimenzioniranje cjevovoda zato jer se požar na određenim područjima događa vrlo rijetko tj. gotovo nikada. Za potrebe dimenzioniranja vodoopskrbne mreže naselja Čepić kao mjerodavni protok usvojiti će se veća vrijednost između ukupnog protoka i protoka za gašenje požara.

Nakon što je usvojen mjerodavni protok potrebno je dimenzionirati vodoopskrbnu mrežu, prvi korak je određivanje promjera cijevi  $D$  (mm). Mjerodavni promjer cijevi određuje se iz dijagrama ovisnosti unutarnjeg promjera cjevovoda i mjerodavnog protoka prikazanog na slici 6.



Slika 6: Dijagram ovisnosti unutarnjeg promjera cijevovoda i protoka [10]

Sljedeći korak je određivanje brzine toka vode u cijevima  $v$ , ona se određuje prema sljedećem izrazu:

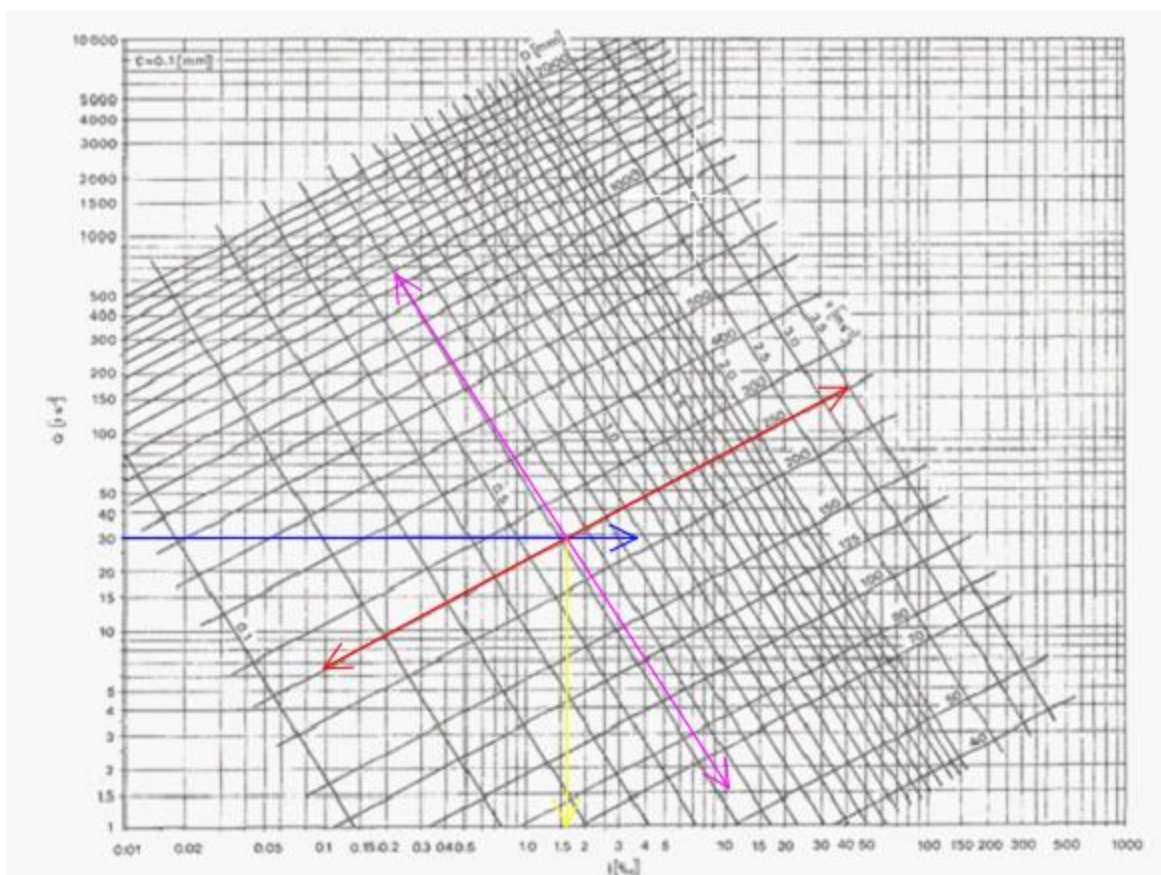
$$v = \frac{Q_{mjer} \cdot 4}{D^2 \cdot \pi} \quad (10)$$

gdje je:

$Q_{mjer}$  – mjerodavni protok vode (l/s, m<sup>3</sup>/s)

$D$  – mjerodavni promjer cijevi (mm).

Nakon brzine toka potrebno je odrediti uzdužni pad  $I$  (‰), on se određuje iz nomograma hidrauličkih parametara za okrugle vodoopskrbne cijevi prikazanog na slici 7.



Slika 7: Nomogram hidrauličkih parametara za okrugle vodoopskrbne cijevi [10]

Linijski gubici na pojedinim dionicama cjevovoda  $\Delta h$  (m) mogu se odrediti na dva načina, prvi način je preko Darcy – Weisbachovog izraza:

$$\Delta h = l * \frac{L}{D} * \frac{v^2}{2 * g} \quad (11)$$

gdje je:

$l$  – Darcy – Weisbachov faktor trenja (/)

$L$  – duljina pojedine dionice (m)

$D$  – promjer pojedine dionice (mm)

$v$  – brzina toka vode (m/s)

$g$  – konstanta gravitacije ( $m/s^2$ ).

Drugi izraz, koji je korišten u ovom diplomskom radu, preko kojeg se mogu izračunati linijski gubici je sljedeći:

$$\Delta h = I * L \quad (12)$$



Tedi Cvečić, Idejno rješenje sanacije i proširenja vodoopskrbnog sustava naselja Čepić primjenom WaterCAD V8i računalnog programa

gdje je:

$I$  – uzdužni pad (‰)

$L$  – duljina pojedine dionice (m).

Također potrebno je odrediti i brzinske visine koje su potrebne prilikom proračuna tlaka na potrošačima. Brzinske visine određuju se prema sljedećem izrazu:

$$\frac{v^2}{2 \cdot g} \quad (13)$$

gdje je:

$v$  – brzina toka vode (m/s)

$g$  – konstanta gravitacije ( $\text{m/s}^2$ ).

Zadnji korak prilikom hidrauličkog proračuna je određivanje radnih (hidrodinamičkih) tlakova u vodoopskrbnom sustavu, tj. određivanje radnih tlakova na svim čvorovima i potrošačima. Radni tlak dobije se kao razlika kote piezometarske linije i kote terena na kojoj se nalazi određeni potrošač. Kota piezometarske linije dobije se na način da se od maksimalne razine vode u vodospremi oduzmu svi linijski gubici do određenog potrošača, te brzinska visina na mjestu samog potrošača. Radni tlakovi u vodoopskrbnom sustavu moraju biti u granicama od 2,5 do 6 (maksimalno 7 bara). Ukoliko je radni tlak manji od minimalnog dozvoljenog (2,5 bara) potrebno je ugraditi hidrofor koji podiže radni tlak, a ukoliko su radni tlakovi veći od maksimalnog dozvoljenog (6, iznimno 7 bara) potrebno je ugraditi reducir ventil koji smanjuje tlak na granice dozvoljenog.

Za potrebe ovog diplomskog rada projektirane su dvije različite dispozicije vodosprema. Kod prvog slučaja zadržana je postojeća dispozicija vodospreme koja se nalazi u naselju Kožljak, a udaljena je 6 km od naselja Čepić. Kod drugog slučaja vodosprema je planirana u samom mjestu Čepić do koje se iz izvora voda doprema cjevovodom dugačkim 8,8 km. Kod prvog slučaja vodosprema se nalazi na koti od 195 m.n.m., a prekidna komora na 130 m.n.m. Kod drugog slučaja planiran je vodotoranj na koti od 110 m.n.m., a vodosprema se nalazi na koti od 120 m.n.m. Projektirane vodoopskrbne mreže prikazane su u *Prilogu 3.* (Varijanta 1) i *Prilogu 14.* (Varijanta 2), a hidraulički proračuni prikazani su u *Prilogu 1.* (Varijanta 1) i *Prilogu 12.* (Varijanta 2).

Tedi Cvečić, Idejno rješenje sanacije i proširenja vodoopskrbnog sustava naselja Čepić  
primjenom WaterCAD V8i računalnog programa

Nakon provedenog hidrauličkog proračuna i izračuna radnih tlakova kod oba slučaja bilo je potrebno ugraditi reducir ventile kako bi se zadovoljili radni tlakovi na potrošačima u granicama od 2,5 do 6 bara, kod obje varijante ugrađena su 2 reducir ventila. Kod Varijante 1 ukupna duljina vodoopskrbne mreže iznosi 19,1 km dok kod Varijante 2 duljina vodoopskrbne mreže iznosi 12,5 km, no kod Varijante 2 potrebno je uzeti u obzir i dovodni cjevovod duljine 8,8 km kojim se voda doprema od izvorišta do vodospreme. Linijski su gubici veći kod Varijante 2. Kod Varijante 1 potrebno je ugraditi cjevovode manjih promjera nego kod Varijante 2 zbog povoljnije raspodjele potrošača u vodoopskrbnoj mreži, pa je zbog manje duljine vodoopskrbne mreže i potrebnih manjih promjera Varijanta 1 isplativija.

## 5. PRORAČUN VODOSPREME/VODOTORNJA

### 5.1. Općenito o vodospremi/vodotornju

Sastavni dio svakog vodoopskrbnog sustava je vodosprema. Vodosprema je građevina čije su funkcije osiguravanje operativne rezerve vode radi izravnjanja dnevnih oscilacija u potrošnji vode, osiguranje protupožarne rezerve vode, osiguranje sigurnosne rezerve ukoliko dođe do prekida dotoka vode u vodospremu, te osiguravanje zahtjevanih tlakova u mreži koji se ostvaruju definiranjem visinskog položaja vodospreme i razine vode u vodospremi u odnosu na potrošače [9, 11].

Vodospreme se prema vrsti pogona mogu podijeliti na visoke i niske. Kod visokih vodosprema razina vode je iznad potrošača, te voda prema njima teče gravitacijski. Dijele se na ukopane vodospreme, vodotornjeve, tunelske vodospreme i hidrofore. Ukopana vodosprema može biti potpuno ili djelomično ukopana u teren, a izvodi se na mjestima gdje su najpovoljniji visinski i horizontalni odnosi s obzirom na potrošače. Vodotornjevi se nalaze iznad terena kako bi se postigle potrebne tlačne visine u vodoopskrbnoj mreži. Primjenjuju se u nizinskim područjima gdje nema topografskih uvjeta za izvedbu ukopanih vodosprema. Tunelske se vodospreme izvode u čvrstoj stijeni u brdskim i planinskim masivima. Hidrofori nisu klasične vodospreme, oni nemaju funkciju spremanja vode već se koriste za lokalna povećanja opskrbnog tlaka. Niske vodospreme su smještene na nedovoljnoj visini u odnosu na potrošače čime se ne mogu osigurati potrebni radni tlakovi u vodoopskrbnoj mreži, pa se voda prema potrošačima mora distribuirati pomoću crpki. Prema namjeni vodospreme se mogu podijeliti na sabirne i glavne. Sabirne vodospreme smještene su neposredno uz izvorište ili uređaj za kondicioniranje te one služe za sakupljanje sirove vode radi obrade ili transporta. Glavne vodospreme grade se ovisno o topografskim i geološkim uvjetima, a glavne su im funkcije izjednačavanje dotoka i potrošnje, regulacija tlaka i skladištenje požarnih količina pitke vode [9, 11].

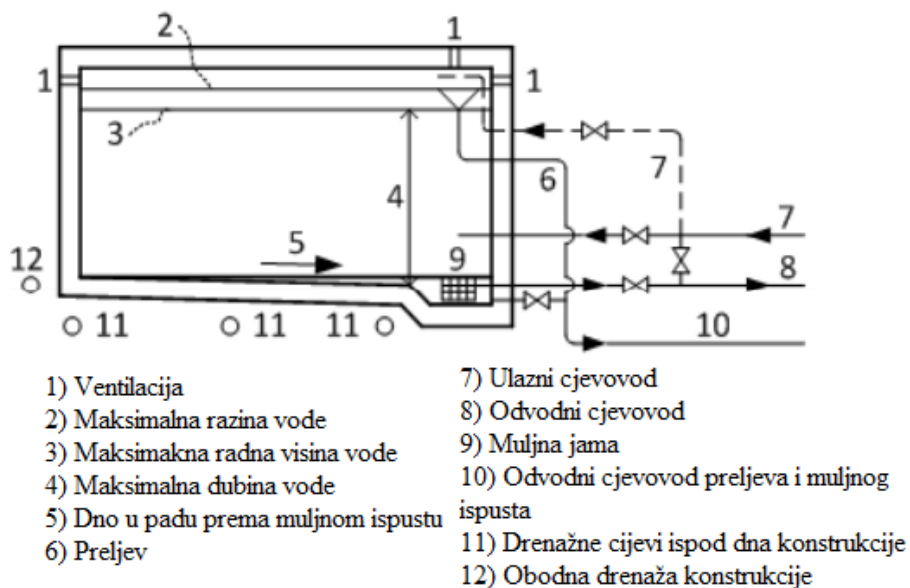
Vodospreme se sastoje od funkcionalnih i konstrukcijskih elemenata. Funkcionalni elementi vodospreme su vodna i zasunska komora. Vodna komora služi za skladištenje rezervnih količina vode, a ovisno o potrebnoj količini vode koju je potrebno skladištiti izvode se kao jednokomorne ili višekomorne. Vodospreme manje od  $100 \text{ m}^3$  mogu imati samo jednu vodnu komoru, dok vodospreme veće od  $100 \text{ m}^3$  moraju imati najmanje 2 vodne komore. Dvije su komore potrebne

kako bi se osigurao kontinuitet opskrbe kod održavanja komora prilikom čišćenja i pranja, kad se jedna komora čisti, druga komora radi. Prema tlocrtnom obliku vodospreme su najčešće okrugle, a također mogu biti pravokutne ili spiralne. U tablici 10. dan je prikaz dubine vode u vodnoj komori ovisno o veličini vodospreme [9, 11].

Tablica 10: Dubina vode u vodnoj komori ovisno o veličini vodospreme [11]

Veličina vodospreme	Volumen [m <sup>3</sup> ]	Dubina vode [m]	Preporučena dubina vode [m]
Vrlo male vodospreme	< 100	2,0 - 2,5	2,5
Male vodospreme	100 - 200	2,75 - 3,5	3,0
Vodospreme srednje veličine	200 - 500	3,0 - 4,0	4,0
Veće vodospreme	500 - 2000	5,0 - 6,5	5,0
Velike vodospreme	> 2000	6,0 - 8,0	6,0

Zasunska komora je prostorija u kojoj su smješteni svi cjevovodi te oprema za nadzor i upravljanje vodospremom. Ona je oslonjena na sve vodne komore kako bi se one povezale dovodnim i opskrbnim cjevovodom, muljnim ispustom i preljevom. Na slici 8. prikazan je pojednostavljeni prikaz vodospreme i njezinih osnovnih elemenata.



Slika 8: Pojednostavljeni prikaz vodospreme i njezinih osnovnih dijelova [9]

Osnovni konstrukcijski elementi vodospreme su dno, vertikalni zidovi i stupovi, grede i pokrovna ploča te nosiva konstrukcija. Konstrukcijski elementi mogu biti izvedeni na licu mjesta kao monolitne konstrukcije, a mogu biti izvedeni i kao montažne ili kombinirane konstrukcije. Vodospreme u odnosu na konfiguraciju tla mogu biti izvedene kao ukopane, poluukopane, izvan tla, tunnelske vodospreme ili vodotornejvi [11].

Kod svake vodospreme potrebno je osigurati određene uvjete, to su vodonepropusnost, cirkulacija vode unutar vodne komore, ventilaciju, pad dna te vanjsku izolaciju. Vodonepropusnost vodnih komora postiže se kvalitetnom izvedbom betonske konstrukcije te žbukanjem unutarnjih stjenki vodnih komora vodonepropusnom cementnom žbukom. Kako bi se spriječilo dugotrajno zadržavanje vode u pojedinim djelovima vodne komore potrebno je određenim zahvatima osigurati cirkulaciju vode. Kod manjih vodnih komora cirkulacija vode postiže se maksimalnim udaljavanjem ulaznih i izlaznih cjevovoda dok se kod većih vodnih komora cirkulacija postiže izvedbom pregrada tzv. usmjerivačima toka vode. Ventilaciju je potrebno osigurati kako bi se voda održala u aerobnom stanju i spriječilo stvaranje neugodnih mirisa zbog anaerobne razgradnje organskih tvari. Pad dna vodne komore mora se izvesti u padu od 0,5 – 1% prema muljnom ispustu. Vanjsku izolaciju potrebno je izvesti kako bi se zadržala pitkost vode i spriječile temperaturne promjene. Kod vodosprema postavlja se hidroizolacija, a kod vodotornejva potrebno je postaviti toplinsku izolaciju [9, 11].

U ovom diplomskom radu kod Varijante 2 projektiranog vodoopskrbnog sustava predviđena je izvedba vodotornja zbog nemogućnosti postizanja operativnih radnih tlakova. Izvedba vodotornja znatno je složenija zbog izvedbe nosive konstrukcije u odnosu na ukopanu vodospremu. Također troškovi izvedbe za isti volumen rezervoarskog prostora višestruko su veći u odnosu na ukopanu vodospremu. Potrebno je pronaći minimalni potrebni volumen vodotornja kako bi se smanjili troškovi i zahtjevi za nosivu konstrukciju. U praksi se nastoji postići vodotoranj kod kojeg će volumen vodne komore biti manji od 20 – 25 % maksimalne dnevne potrošnje vode. Zasunska se komora kod vodotornja izvodi odvojeno od vodne komore, te se najčešće nalazi u podzemnom djelu vodotornja [9, 11].

U ovom diplomskom radu izvodi se jedna varijanta ukopane vodne komore koja se nalazi na koti od 195 m.n.m., te jedan vodotoranj visine 10 metara kod kojeg se razina vode u vodospremi predviđa na koti od 120 m.n.m.

## 5.2. Gravitacijski dotok vode u vodospremu/vodotoranj

Gravitacijski dotok vode u vodospremu proračunat će se analitičkim i grafoanalitičkim rješenjem.

### 5.2.1. Operativna rezerva za gravitacijski dotok vode u vodospremu/vodotoranj

Operativna rezerva vode koristi se za izjednačavanje protoka koji dotječe u vodospremu s količinama vode koje se troše za potrebe kućanstava i industrije. Tijekom dana potrošnja vode varira ovisno o dobu dana, pa se tako za vrijeme kada je dotok vode u vodospremu veći od potrošnje višak vode sprema u vodospremu, a taj višak vode u vodospremi se troši kada je potrošnja veća od dotoka vode. Proračun operativne rezerve vode provodi se pod pretpostavkom dnevnog izravnjanja, tj. dnevni dotok vode u vodospremu jednak je dnevnoj potrošnji vode. Potrošnja vode u toku dana iskazuje se kao postotak maksimalne dnevne potrošnje u pojedinim satima ( $\% Q_{max.dan}$ ) [9, 11].

#### **Analitičko rješenje:**

U tablici 11. prikazan je analitički proračun operativne rezerve za gravitacijski dotok vode u vodospremu. U prvom stupcu prikazani su svi sati tokom jednog dana. Drugim stupcem definirana je satna potrošnja vode izražena kao postotak maksimalne dnevne potrošnje vode  $Q_{max.dan}$ . Satna potrošnja vode ovisi o veličini naselja, razvijenosti naselja industriji i navikama stanovništva. Za ovaj diplomski rad usvojena je satna potrošnja za seoski tip naselja. Za gravitacijski dotok vode u vodospremu dotok je konstantan tijekom cijelog dana. Razlika između satne potrošnje vode i dotoka prikazana je u stupcu 4. i 5. kao manjak i višak vode, te se vrijednosti uvijek izražavaju kao apsolutne. U zadnjem stupcu prikazan je ukupan postotni manjak/višak vode u vodospremi u određenom satu tijekom dana. Kako bi se proračunala operativna rezerva vode u vodospremi potrebno je izdvojiti maksimalnu i minimalnu količinu vode u vodospremi izraženu kao  $\% Q_{max.dan}$ .

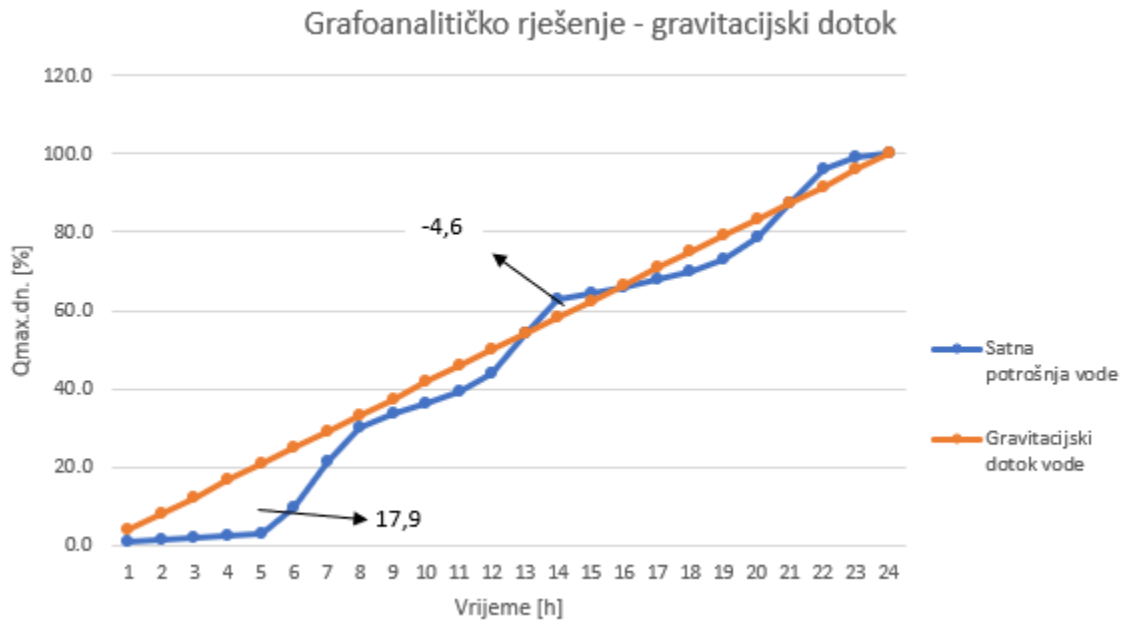
Tedi Cvečić, Idejno rješenje sanacije i proširenja vodoopskrbnog sustava naselja Čepić primjenom WaterCAD V8i računalnog programa

Tablica 11: Analitički proračun operativne rezerve vode za gravitacijski dotok vode u vodospremu

Vrijeme [h]	Satna potrošnja [%]	GRAVITACIJSKI DOTOK				
		Dotok [%]	Manjak [%]	Višak [%]	Suma [%]	
00:00 - 01:00	1,0	4,2	-	3,2	3,2	
01:00 - 02:00	0,5	4,2	-	3,7	6,9	
02:00 - 03:00	0,5	4,1	-	3,6	10,5	
03:00 - 04:00	0,5	4,2	-	3,7	14,2	
04:00 - 05:00	0,5	4,2	-	3,7	17,9	MAX
05:00 - 06:00	6,5	4,1	2,4	-	15,5	
06:00 - 07:00	12,0	4,2	7,8	-	7,7	
07:00 - 08:00	8,5	4,2	4,3	-	3,4	
08:00 - 09:00	3,5	4,1	-	0,6	4,0	
09:00 - 10:00	3,0	4,2	-	1,2	5,2	
10:00 - 11:00	3,0	4,2	-	1,2	6,4	
11:00 - 12:00	4,5	4,1	0,4	-	6,0	
12:00 - 13:00	10,0	4,2	5,8	-	0,2	
13:00 - 14:00	9,0	4,2	4,8	-	-4,6	MIN
14:00 - 15:00	1,5	4,1	-	2,6	-2,0	
15:00 - 16:00	1,5	4,2	-	2,7	0,7	
16:00 - 17:00	2,0	4,2	-	2,2	2,9	
17:00 - 18:00	2,0	4,1	-	2,1	5,0	
18:00 - 19:00	3,0	4,2	-	1,2	6,2	
19:00 - 20:00	5,5	4,2	1,3	-	4,9	
20:00 - 21:00	9,0	4,1	4,9	-	0,0	
21:00 - 22:00	8,5	4,2	4,3	-	-4,3	
22:00 - 23:00	3,0	4,2	-	1,2	-3,1	
23:00 - 24:00	1,0	4,1	-	3,1	0,0	
	100	100	36	36		

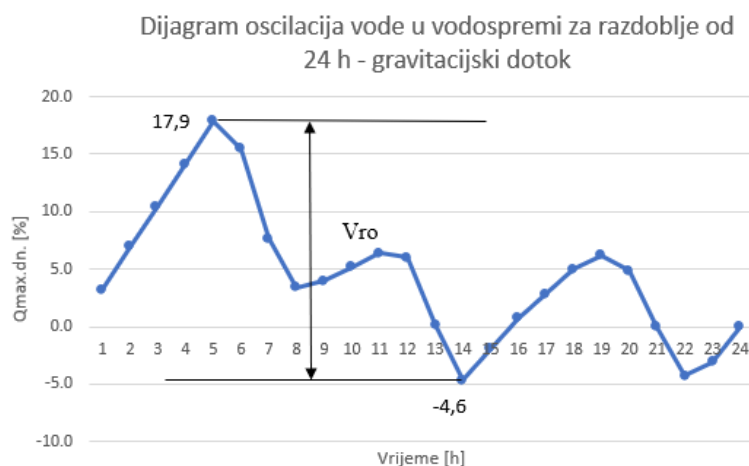
**Grafoanalitičko rješenje:**

Na slici 9. prikazano je grafoanalitičko rješenje kojim se dobiva grafički prikaz gravitacijskog dotoka vode u vodospremu i satne potrošnje vode naselja. Linija gravitacijskog dotoka vode u vodospremu je konstantna. Linija potrošnje vode nije konstantna, te ona kao što je prethodno navedeno ovisi o veličini naselja, razvijenosti naselja industriji i navikama stanovništva.



Slika 9: Grafoanalitičko rješenje gravitacijskog dotoka vode u vodospremu

Na slici 10. prikazan je dijagram oscilacija vode u vodospremi. Najveći višak vode događa se u 5 h i on iznosi 17,9 %  $Q_{max.dan}$ , a najveći manjak vode događa se u 14 h i on iznosi -4,6 %  $Q_{max.dan}$ . Volumen operativne rezerve vode dobije se zbrajanjem apsolutnih vrijednosti maksimalnog i minimalnog postotka  $Q_{max.dan}$  pomnožene s maksimalnom dnevnom potrošnjom vode svih potrošača, što znači da volumen operativne rezerve vode iznosi 22,5 % ukupne maksimalne dnevne potrošnje vode.



Slika 10: Dijagram oscilacija vode u vodospremi – gravitacijski dotok



Volumen operativne rezerve vode računa se prema sljedećem izrazu:

$$V_{RO} = \frac{\max \%Q_{\max.dan} + |\min \%Q_{\max.dan}|}{100} * (Q_{\max.dan} + Q_{\text{industrija}}) \quad (14)$$

$$V_{RO} = \frac{17,9+4,6}{100} * (719,4 + 288) = 226,67 \text{ m}^3$$

### 5.2.2. Protupožarna rezerva za gravitacijski dotok u vodospremu/vodotoranj

Količina vode koja mora biti raspoloživa u vodospremi za potrebe gašenja požara  $V_{RP}$  regulirana je „Pravilnikom o tehničkim normativima za hidrantsku mrežu za gašenje požara, Narodne novine RH, broj 53/91“. Prema tom pravilniku protupožarna rezerva računa se na dva načina, sa neutralizacijom ili bez neutralizacije požara, posebno za stanovništvo i posebno za industriju [11].

#### **Protupožarna rezerva bez neutralizacije požara:**

Protupožarna rezerva bez neutralizacije požara računa se kao umnožak broja istovremenih požara sa vremenom potrebnim za neutralizacijom požara od 2 sata i potrošnjom vode za gašenje jednog požara.

Naselje Čepić pripada kategoriji manjih naselja do 5000 stanovnika, te se stoga usvaja jedan istovremeni požar i potrošnja vode za gašenje jednog požara  $q_{p,stan.}$  od 10 l/s. Za gašenje požara u industriji također su usvaja jedan istovremeni požar, te potrošnja vode za gašenje jednog požara  $q_{p,ind.}$  od 20 l/s.

$$V_{RP} = V_{RP,naselja} + V_{RP,industrije} = \text{broj istovremenih požara stan.} * 2 \text{ sata} * 3600 * q_{p,stan.} + \text{broj istovremenih požara ind.} * 2 \text{ sata} * 3600 * q_{p,ind.} \quad (15)$$

$$V_{RP} = 1 * 2 * 3600 * 10 + 1 * 2 * 3600 * 20 = 216 \text{ m}^3$$

#### **Protupožarna rezerva sa neutralizacijom požara:**

Protupožarna rezerva sa neutralizacijom požara računa se isto kao i protupožarna rezerva bez neutralizacije požara uz dodatak količine vode koja je potrebna za neutralizaciju požara prema sljedećem izrazu:

$$\begin{aligned}
 V_{RP} = V_{RP,naselja} + V_{RP,industrije} = & \text{ broj istovremenih požara stan.} * 2 \text{ sata} * 3600 * \\
 q_{p,stan.} + & \text{ broj istovremenih požara stan.} * 2 \text{ sata} * 3600 * \frac{q_{p,stan.}}{2} + \\
 \text{ broj istovremenih požara ind.} * & 2 \text{ sata} * 3600 * q_{p,ind.} + \\
 + \text{ broj istovremenih požara ind.} * & 2 \text{ sata} * 3600 * \frac{q_{p,ind.}}{2}
 \end{aligned} \tag{16}$$

$$V_{RP} = 1 * 2 * 3600 * 10 + 1 * 2 * 3600 * \frac{10}{2} + 1 * 2 * 3600 * 20 + 1 * 2 * 3600 * \frac{20}{2} = 324 \text{ m}^3$$

### 5.2.3. Sigurnosna rezerva za gravitacijski dotok u vodospremu/vodotoranj

Sigurnosna rezerva predviđa se za incidentne situacije, kada dođe do prekida dotoka vode u vodospremu. Ta se voda koristi za vrijeme dok se ne otkloni uzrok prekida. Sigurnosna rezerva računa se na dva načina, prema sljedećim izrazima:

**Sigurnosna rezerva iznosi 25 % od zbroja operativne rezerve i protupožarne rezerve vodospreme bez neutralizacije požara:**

$$V_{RP} = 0,25 * (V_{RO} + V_{RP} \text{ (bez neutralizacije požara)}) \tag{17}$$

$$V_{RP} = 0,25 * (226,67 + 216) = 110,67 \text{ m}^3$$

**Sigurnosna rezerva iznosi 10 % od zbroja operativne rezerve i protupožarne rezerve vodospreme sa neutralizacijom požara:**

$$V_{RP} = 0,1 * (V_{RO} + V_{RP} \text{ (sa neutralizacijom požara)}) \tag{18}$$

$$V_{RP} = 0,1 * (226,67 + 324) = 55,067 \text{ m}^3$$

Radi strane sigurnosti, poželjno je uvijek uzimati veću dobivenu vrijedost, 110,67 m<sup>3</sup>.

### 5.2.4. Ukupni volumen vodospreme/vodotoranja za gravitacijski dotok u vodospremu/vodotoranj

Ukupni volumen vodospreme jednak je zbroju operativne rezerve, protupožarne rezerve i sigurnosne rezerve, a računa se na dva načina, prema sljedećim izrazima:

$$V_{RP} = V_{RO} + V_{RP} + V_{RS} = 1,25 * (V_{RO} + V_{RP} \text{ (bez neutralizacije požara)}) \quad (19)$$

$$V_{RP} = 1,25 * (226,67 + 216) = 553,34 \text{ m}^3$$

$$V_{RP} = V_{RO} + V_{RP} + V_{RS} = 1,1 * (V_{RO} + V_{RP} \text{ (sa neutralizacijom požara)}) \quad (20)$$

$$V_{RP} = 1,1 * (226,67 + 324) = 605,74 \text{ m}^3$$

### 5.3. Dotok u vodospremu/vodotoranj crpljenjem

Dotok crpljenjem biti će proračun isto kao i gravitacijski dotok, analitičkim i grafoanalitičkim rješenjem. Predviđeno je 12-satno crpljenje koje je raspoređeno za vrijeme najveće satne potrošnje vode, od 5 do 14 h i od 19 do 22 h.

#### 5.3.1. Operativna rezerva za dotok crpljenjem u vodospremu/vodotoranj

##### Analitičko rješenje:

U tablici 12. prikazan je analitički proračun operativne rezerve za dotok vode u vodospremu crpljenjem. Proračun je jednak kao i za gravitacijski dotok vode. Jedina je razlika dotok vode u vodospremu. On je kod gravitacijskog dotoka bio konstantan tijekom cijelog dana, dok kod crpljenja dotok vode nije konstantan, već se vodosprema opskrbljuje vodom jedino tijekom 12-satnog crpljenja. Crpljenje je raspoređeno za vrijeme najveće satne potrošnje kako bi se smanjio potrebni volumen vodne komore, a podijeljeno je na 12 jednakih dijelova ( $100 / 12 = 8,33 \%$ ).

Tablica 12: Analitički proračun operativne rezerve vode za dotok vode u vodospremu crpljenjem

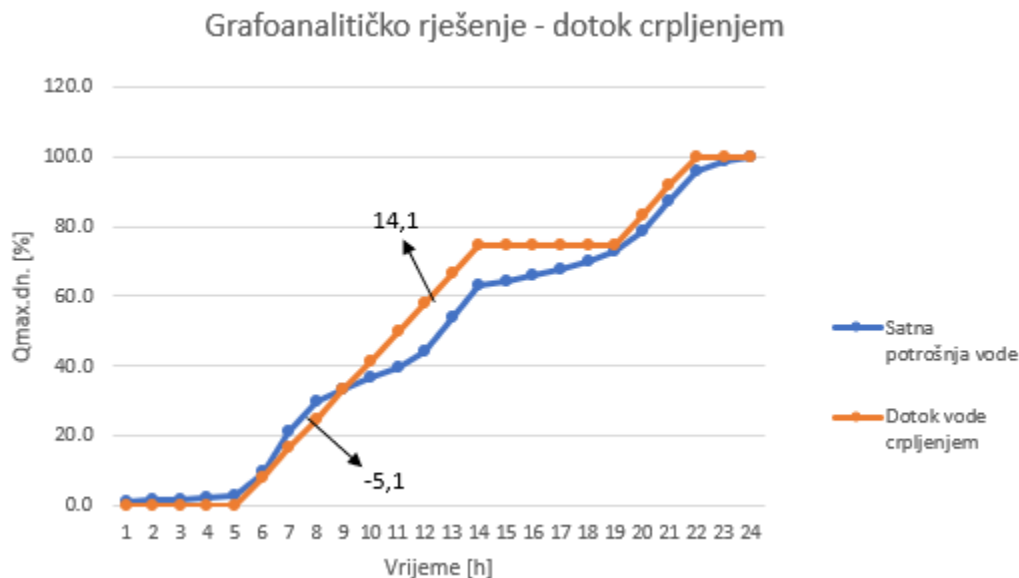
Vrijeme [h]	Satna potrošnja [%]	DOTOK CRPLJENJEM			
		Dotok [%]	Manjak [%]	Višak [%]	Suma [%]
00:00 - 01:00	1,0	-	1	-	-1
01:00 - 02:00	0,5	-	0,5	-	-1,5
02:00 - 03:00	0,5	-	0,5	-	-2
03:00 - 04:00	0,5	-	0,5	-	-2,5
04:00 - 05:00	0,5	-	0,5	-	-3
05:00 - 06:00	6,5	8,3	-	1,8	-1,2
06:00 - 07:00	12,0	8,3	3,7	-	-4,9
07:00 - 08:00	8,5	8,3	0,2	-	-5,1
08:00 - 09:00	3,5	8,3	-	4,8	-0,3
09:00 - 10:00	3,0	8,3	-	5,3	5,0
10:00 - 11:00	3,0	8,3	-	5,3	10,3
11:00 - 12:00	4,5	8,3	-	3,8	14,1
12:00 - 13:00	10,0	8,3	1,7	-	12,4
13:00 - 14:00	9,0	8,4	0,6	-	11,8
14:00 - 15:00	1,5	-	1,5	-	10,3
15:00 - 16:00	1,5	-	1,5	-	8,8
16:00 - 17:00	2,0	-	2	-	6,8
17:00 - 18:00	2,0	-	2	-	4,8
18:00 - 19:00	3,0	-	3	-	1,8
19:00 - 20:00	5,5	8,4	-	2,9	4,7
20:00 - 21:00	9,0	8,4	0,6	-	4,1
21:00 - 22:00	8,5	8,4	0,1	-	4,0
22:00 - 23:00	3,0	-	3	-	1,0
23:00 - 24:00	1,0	-	1	-	0,0
24	100,0	100	23,9	23,9	

### Grafoanalitičko rješenje:

Na slici 11. prikazano je grafoanalitičko rješenje kojim se dobiva grafički prikaz gravitacijskog dotoka vode u vodospremu i satne potrošnje vode naselja. Na liniji dotoka vode jasno se vidi crpljenje vode od 5 do 14 h i od 19 do 22 h. Linija potrošnje vode jednaka je kao i kod gravitacijskog dotoka vode (nije konstantna), te ona kao što je prethodno navedeno ovisi o veličini naselja, razvijenosti naselja industriji i navikama stanovništva. Iz slike se vidi da se najveći manjak

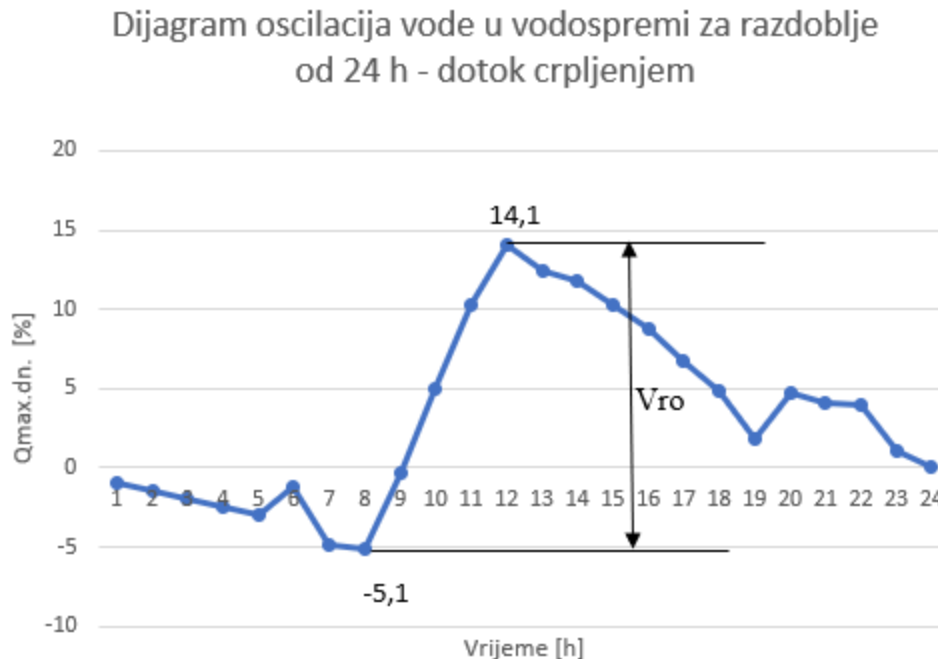
## Tedi Cvečić, Idejno rješenje sanacije i proširenja vodoopskrbnog sustava naselja Čepić primjenom WaterCAD V8i računalnog programa

vode događa do 8h i on iznosi  $-5,1\% Q_{\max.\text{dan}}$ , a najveći višak vode događa se u 12 h i on iznosi  $14,1\% Q_{\max.\text{dan}}$ .



Slika 11: Grafoanalitičko rješenje dotoka vode u vodospremu crpljenjem

Na slici 12. prikazan je dijagram oscilacija vode u vodospremi. Najveći višak vode iznosi  $14,1\% Q_{\max.\text{dan}}$ , a najveći manjak vode iznosi  $-5,1\% Q_{\max.\text{dan}}$ . Zbrajanjem tih dviju vrijednosti pomnoženih sa maksimalnom dnevnom potrošnjom vode svih potrošača dobije se volumen operativne rezerve vode koji, iznosi  $19,2\%$  ukupne maksimalne dnevne potrošnje vode.



Slika 12: Dijagram oscilacija vode u vodospremi – dotok crpljenjem

Volumen operativne rezerve vode računa se prema izrazu (14):

$$V_{RO} = \frac{\max \%Q_{max,dan} + |\min \%Q_{max,dan}|}{100} * (Q_{max,dan} + Q_{industrija})$$

$$V_{RO} = \frac{14,1+5,1}{100} * (719,4 + 288) = 193,42 \text{ m}^3$$

### 5.3.2. Protupožarna rezerva za dotok crpljenjem u vodospremu/vodotoranj

Protupožarna rezerva za dotok vode u vodospremu crpljenjem računa se na isti način kao i protupožarna rezerva za gravitacijski dotok vode u vodospremu, te su stoga jednake.

#### Protupožarna rezerva bez neutralizacije požara:

$$V_{RP} = V_{RP,naselja} + V_{RP,industrije} = \text{broj istovremenih požara stan.} * 2 \text{ sata} * 3600 * q_{p,stan.} + \text{broj istovremenih požara ind.} * 2 \text{ sata} * 3600 * q_{p,ind.}$$

$$V_{RP} = 1 * 2 * 3600 * 10 + 1 * 2 * 3600 * 20 = 216 \text{ m}^3$$

#### Protupožarna rezerva sa neutralizacijom požara:

$$\begin{aligned} V_{RP} &= V_{RP, \text{naselja}} + V_{RP, \text{industrije}} = \text{broj istovremenih požara stan.} * 2 \text{ sata} * 3600 * \\ & q_{p, \text{stan.}} + \text{broj istovremenih požara stan.} * 2 \text{ sata} * 3600 * \frac{q_{p, \text{stan.}}}{2} + \\ & \text{broj istovremenih požara ind.} * 2 \text{ sata} * 3600 * q_{p, \text{ind.}} + \\ & + \text{broj istovremenih požara ind.} * 2 \text{ sata} * 3600 * \frac{q_{p, \text{ind.}}}{2} \\ V_{RP} &= 1 * 2 * 3600 * 10 + 1 * 2 * 3600 * \frac{10}{2} + 1 * 2 * 3600 * 20 + 1 * 2 * 3600 * \frac{20}{2} = 324 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

### 5.3.3. Sigurnosna rezerva za dotok crpljenjem u vodospremu/vodotoranj

Sigurnosna rezerva za dotok vode crpljenjem računa se na isti način kao i sigurnosna rezerva za gravitacijski dotok vode prema izrazima (17) i (18), uz iznimku da se za operativni volumen uvrštava operativni volumen dobiven za dotok crpljenjem.

**Sigurnosna rezerva iznosi 25 % od zbroja operativne rezerve i protupožarne rezerve vodospreme bez neutralizacije požara:**

$$V_{RP} = 0,25 * (V_{RO} + V_{RP} \text{ (bez neutralizacije požara)})$$

$$V_{RP} = 0,25 * (193,42 + 216) = 102,36 \text{ m}^3$$

**Sigurnosna rezerva iznosi 10 % od zbroja operativne rezerve i protupožarne rezerve vodospreme sa neutralizacijom požara:**

$$V_{RP} = 0,1 * (V_{RO} + V_{RP} \text{ (sa neutralizacijom požara)})$$

$$V_{RP} = 0,1 * (193,42 + 324) = 51,74 \text{ m}^3$$

Radi strane sigurnosti, poželjno je uvijek uzimati veću dobivenu vrijedost, 102,36 m<sup>3</sup>.

### 5.3.4. Ukupni volumen vodospreme/vodotoranja za dotok crpljenjem u vodospremu/vodotoranj

Ukupni volumen vodospreme jednak je zbroju operativne rezerve, protupožarne rezerve i sigurnosne rezerve, a računa se prema istim izrazima (19) i (20) kao i gravitacijski dotok vode u vodospremu:

$$V_{RP} = V_{RO} + V_{RP} + V_{RS} = 1,25 * (V_{RO} + V_{RP} \text{ (bez neutralizacije požara)})$$

$$V_{RP} = 1,25 * (193,42 + 216) = 511,78 \text{ m}^3$$

$$V_{RP} = V_{RO} + V_{RP} + V_{RS} = 1,1 * (V_{RO} + V_{RP} \text{ (sa neutralizacijom požara)})$$

$$V_{RP} = 1,1 * (193,42 + 324) = 569,16 \text{ m}^3$$

#### 5.4. Ukupan volumen vodospreme/vodotornja

U prethodnim poglavljima provedeni su proračuni volumena vodne komore za gravitacijski dotok i dotok vode crpljenjem. Zadnji korak je odabir volumena vodospreme/vodotornja koji će biti izgrađeni. Za potrebe ovog diplomskog rada biti će izgrađena jedna vodosprema i jedan vodotoranj, u oba slučaja maksimalna dnevna potrošnja vode je jednaka, te stoga vodne komore vodospreme i vodotornja mogu imati jednake volumene. Mjerodavna vrijednost za odabir volumena vodne komore je veća vrijednost između vrijednosti dobivenih kod proračuna gravitacijskog dotoka i dotoka vode crpljenjem, što znači da mjerodavni volumen iznosi 605,74 m<sup>3</sup>. Prema tome, odabire se ukupan volumen vodne komore vodospreme i vodotornja koji će biti izgrađeni sa volumenom, od 1000 m<sup>3</sup>.



## 6. TRASIRANJE CJEVOVODA

Trasiranje cjevovoda općenito predstavlja određivanje trase tj. položaja u prostoru neke građevine, prometnice, kanala, nasipa, mosta, tunela, žičare, cjevovoda. U ovom diplomskom radu provest će se trasiranje cjevovoda, koje je jedno od glavnih koraka prilikom izrade idejenog projekta.

Trasiranje cjevovoda predstavlja određivanje tlocrtnog razmještaja cjevovoda, pritom se nastoji postići zadovoljavajuće uvjete u opskrbi potrošača i uvjete vezane uz protupožarnu zaštitu. Također, prilikom trasiranja cjevovoda teži se maksimalnoj uštedi kod građenja, odnosno smanjenju duljine vodoopskrbne mreže, vodeći računa da se svi potrošači mogu lako i jednostavno priključiti na cjevovod. Trasiranje cjevovoda provodi se prvenstveno na temelju iskustva i stečenog znanja, a ne samo na bazi teoretskog znanja. Pri građenju cjevovod se nastoji polagati na javnim površinama, dovoljno udaljen od kanalizacijskih cijevi, u koordinaciji s drugim instalacijama. Također, nastoji se postići da vodoopskrbne cijevi budu postavljene pliće, odnosno iznad kanalizacijskih cijevi kako nebi došlo do prodora zagađene vode.

Ostali čimbenici koje je potrebno uzeti u obzir prilikom projektiranja cjevovoda su sigurnost opskrbe, dobar pristup radi održavanja cjevovoda, prostor za položaj armatura i hidranata, minimalni pad cijevi, značajke lokacije i terena, cijevni materijal i zaštita od korozije u agresivnom ili zagađenom tlu, ekološka i druga ograničenja, postojeća infrastruktura, korištenje zgrada koje se priključuju, stabilnost susjednih građevina i infrastrukture tijekom građenja, položaj kod prijelaza cesta, željeznica, vodotoka i drugih prepreka, te postojeći, planirani i budući razvoj [9].

Situacijski prikaz vodoopskrbnog sustava naselja Čepić prikazan je u *Prilogu 3.* (Varijanta 1) u mjerilu 1:20 000 i *Prilogu 14.* (Varijanta 2) u mjerilu 1: 20 000. Na situacijskim prikazima označeni su čvorovi, potrošači, reducir ventili, položaj vodosprema i izvorišta.

U prilogima 4. (Varijanta 1) i 15. (Varijanta 2) napravljeni su planovi iskolčenja cjevovoda od vodospreme do krajnjeg (perifernog) potrošača, kod Varijante 1 periferni potrošač je P84, dok je kod Varijante 2 periferni potrošač P109. Na planovima iskolčenja cjevovoda označeni su svi čvorovi od vodospreme do krajnjeg potrošača uz prikaz njihovih stacionaža u odnosu na vodospremu i kutevi između prethodne i sljedeće dionice.

Tedi Cvečić, Idejno rješenje sanacije i proširenja vodoopskrbnog sustava naselja Čepić  
primjenom WaterCAD V8i računalnog programa

U programskom paketu Urbano Hydra izrađeni su uzdužni profili glavnog cjevovoda za Varijantu 1 i Varijantu 2 te karakteristični poprečni presjek rova.

## **7. BENTLEY WATERCAD V8i**

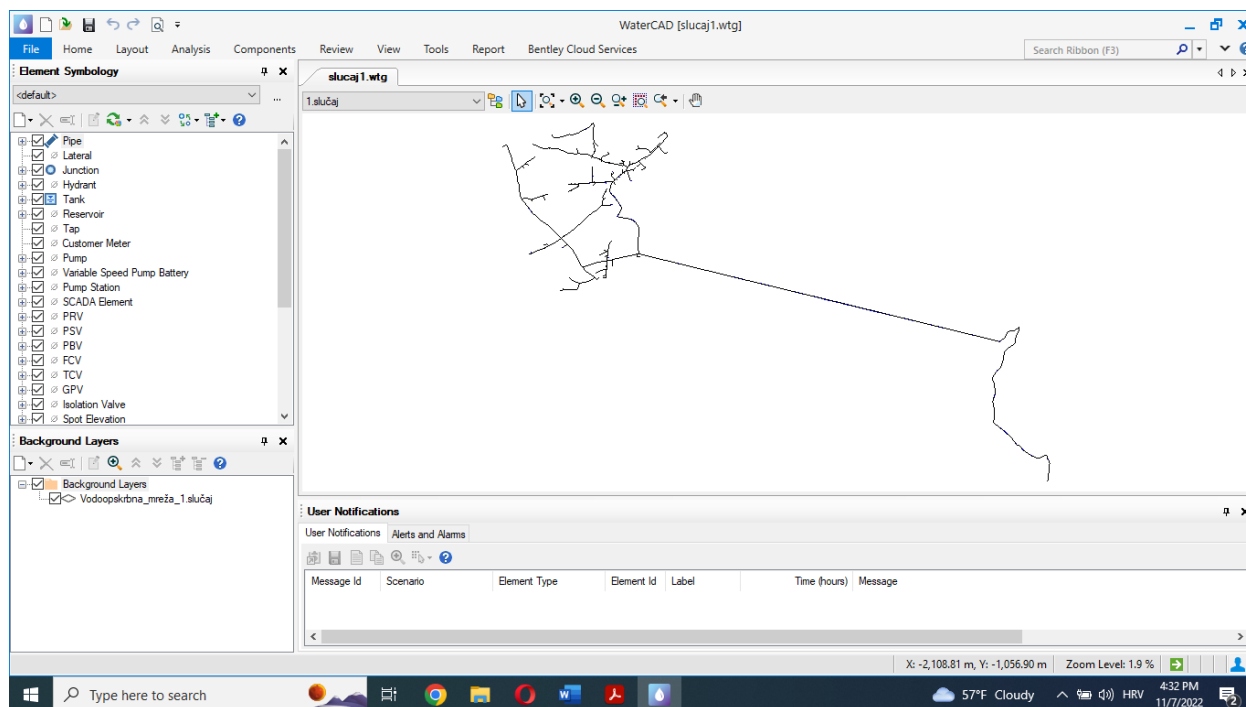
### **7.1. Općenito o računalnom programu**

Bentley je američka tvrtka koja se bavi razvojem programa za projektiranje, izgradnju i upravljanje svih tipova infrastrukture, od cesta, mostova, željeznica, vodoopskrbe i otpadnih voda do javnih radova, komunalnih usluga i rudarstva. Za potrebe ovog diplomskog rada koristit će se računalni program WaterCAD V8i kojim se dizajniraju i proračunavaju novi vodoopskrbni sustavi, te analiziraju i optimiziraju postojeći vodoopskrbni sustavi. WaterCAD nudi široki niz mogućnosti koje koriste inženjerske tvrtke iz svih dijelova svijeta.

WaterCAD V8i je program koji je jednostavan za korištenje, a služi za hidrauličko modeliranje, modeliranje kvalitete vode i analiziranje vodoopskrbnih sustava. Njime je moguće određivanje protupožarnih rezervi, analiza kvalitete vode, optimizacija potrošnje energije, modeliranje crpnih stanica, određivanje vrsta cijevi i niz ostalih mogućnosti. Unutar WaterCAD V8i programa moguće je uvoženje geoprostornih podataka koji se nalaze u bazama podataka CAD, GIS ili nekih drugih programa kako bi se jednostavno definirale nadmorske visine čvorova i potrošnja vode. Pomoću značajke za analizu kvalitete vode moguće je analizirati sastav vode, starost vode, miješanje vode u vodnoj komori, a sve sa svrhom određivanja sveobuhvatnog rasporeda kloriranja, simuliranja događaja u slučaju kontaminacije vode, poboljšanja mutnoće, okusa i mirisa vode. Moguće je određivanje protupožarnih rezervi uz istovremeno modeliranje višestrukih požara analizirajući protoke i tlakove unutar vodoopskrbnog sustava. Alat za simulaciju ispiranja pomaže komunalnim poduzećima i javnim upravama u planiranju, analizi i optimizaciji programa za ispiranje vodoopskrbnog sustava u svrhu poboljšanja kvalitete vode u sustavu ili u slučaju kontaminacije vode. Program također sadrži alat za analizu kritičnih dijelova vodoopskrbnog sustava i određivanje rizika u slučaju kvara jednog od njih. Moguće je analizirati različite kombinacije crpki kako bi se dobilo optimalno rješenje u pogledu potrošnje energije i učinkovitosti. WaterCAD V8i programom moguće je analizirati, usporediti i vizualizirati neograničeni broj različitih scenarija vodoopskrbnog sustava [12].

Sučelje WaterCAD V8i programa prikazano je na slici 13., pregledno je i jednostavno za korištenje.

# Tedi Cvečić, Idejno rješenje sanacije i proširenja vodoopskrbnog sustava naselja Čepić primjenom WaterCAD V8i računalnog programa

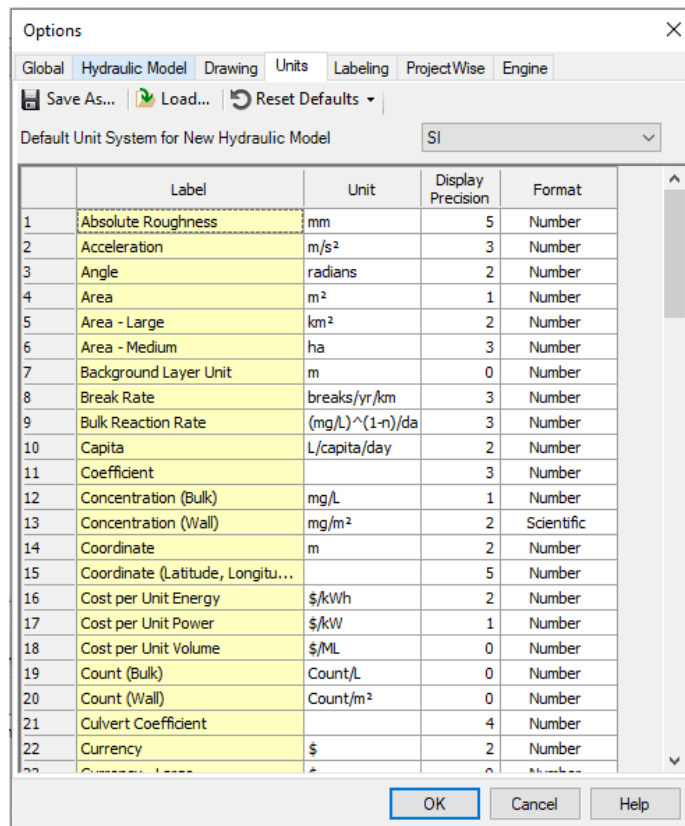


Slika 13: Sučelje WaterCAD V8i računalnog programa

## 7.2. Postavljanje mreže i definiranje njezinih značajki

Na početku rada u WaterCAD V8i računalnom programu potrebno je postaviti SI sustav jedinica kao mjerodavni. U izborniku “tools” odabere se opcija “more”, onda se klikne na “options” gdje se odabere opcija “units”. Kao referentni sustav jedinica moguće je odabrati SI sustav ili US sustav, s obzirom da se nalazimo u Europi odabire se SI sustav jedinica. Na slici 14. prikazano je postavljanje SI sustava jedinica kao mjerodavnog. Također, u izborniku “drawing” potrebno je provjeriti je li način crtanja postavljen na “scaled”, te je potrebno postaviti “plot scale factor” na  $1 \text{ cm} = 50 \text{ m}$  kako bi cijela vodoopskrbna mreža bila vidljiva.

## Tedi Cvečić, Idejno rješenje sanacije i proširenja vodoopskrbnog sustava naselja Čepić primjenom WaterCAD V8i računalnog programa

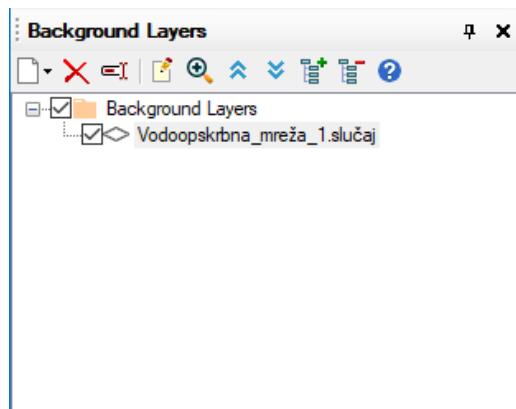


Slika 14: SI sustav jedinica u WaterCAD V8i računalnom programu

U WaterCAD V8i računalnom programu vodoopskrbnu mrežu moguće je direktno nacrtati, no program također omogućuje uvoženje vodoopskrbne mreže iz nekog drugog računalnog programa u kojem je ona prethodno nacrtana. Uvoženje datoteke provodi se tako da se u izborniku “tools” odabere naredba “Model Bulder”. Ukoliko se datoteka uvozi iz AutoCAD programa potrebno je AutoCAD datoteku spremi u .dxf formatu, preporuča se spremanje datoteke u inačici AutoCAD-a iz 2010. godine.

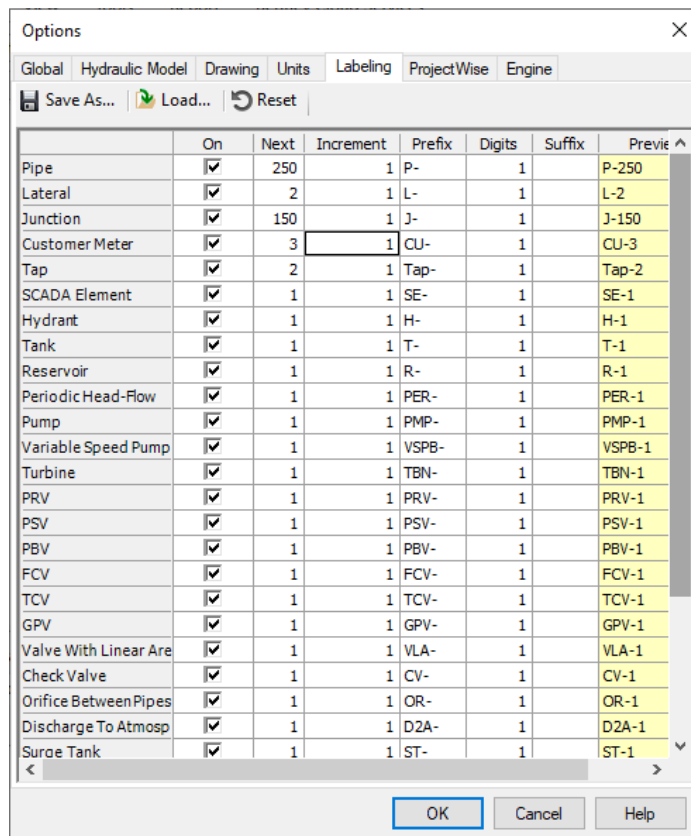
U slučaju ovog diplomskog rada vodoopskrbna mreža crtati će se direktno u WaterCAD V8i programu, a vodoopskrbna mreža nacrtana u AutoCAD programu služiti će kao predložak za crtanje. Kako bi se prethodno nacrtana mreža uvezla u izborniku “View” odabire se opcija “Background”, zatim je potrebno u prozoru “Background layers” kliknuti desni klik te odabrati opciju “New file” gdje je odabire prethodno spremljena .dxf datoteka. Na slici 15. prikazan je pozadinski sloj u prozoru “Background layers”.

# Tedi Cvečić, Idejno rješenje sanacije i proširenja vodoopskrbnog sustava naselja Čepić primjenom WaterCAD V8i računalnog programa



Slika 15: Prikaz pozadinskog sloja

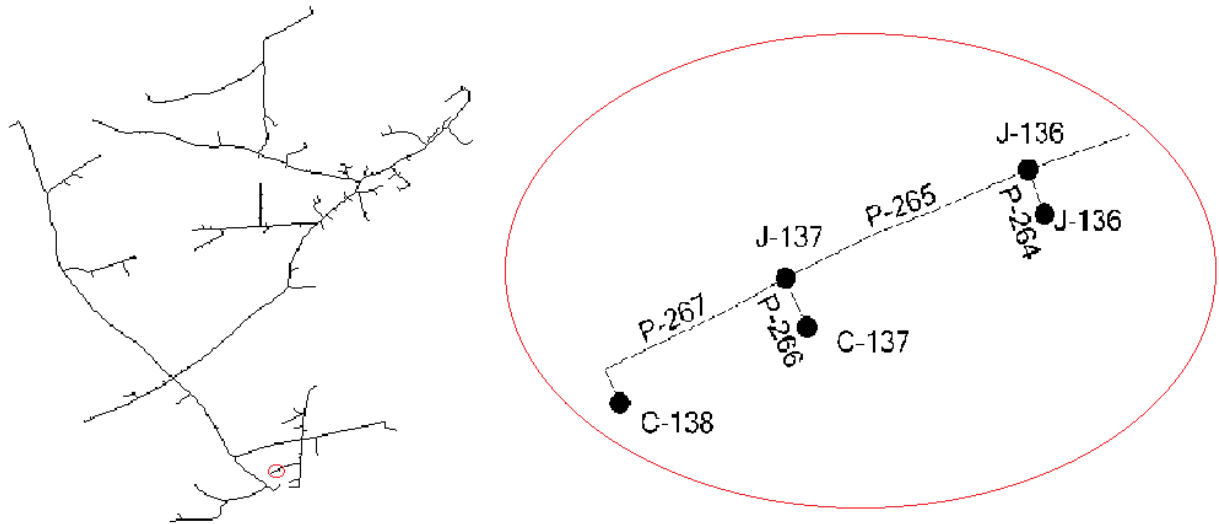
Nakon što je postavljen pozadinski sloj može se krenuti s crtanjem vodoopskrbne mreže. Mreža se crta tako da se u izborniku “*layout*” odabere naredba “*pipe*” kojom se crtaju cijevi, naredbom “*junction*” označavaju se čvorovi i potrošači. Prilikom crtanja vodoopskrbne mreže program sam dodjeljuje oznake cjevovodima, čvorovima i potrošačima prema oznakama koje se mogu unaprijed definirati u postavkama (Slika 16.).



Slika 16: Definiranje oznaka elemenata vodoopskrbne mreže u WaterCAD V8i programu

Tedi Cvečić, Idejno rješenje sanacije i proširenja vodoopskrbnog sustava naselja Čepić primjenom WaterCAD V8i računalnog programa

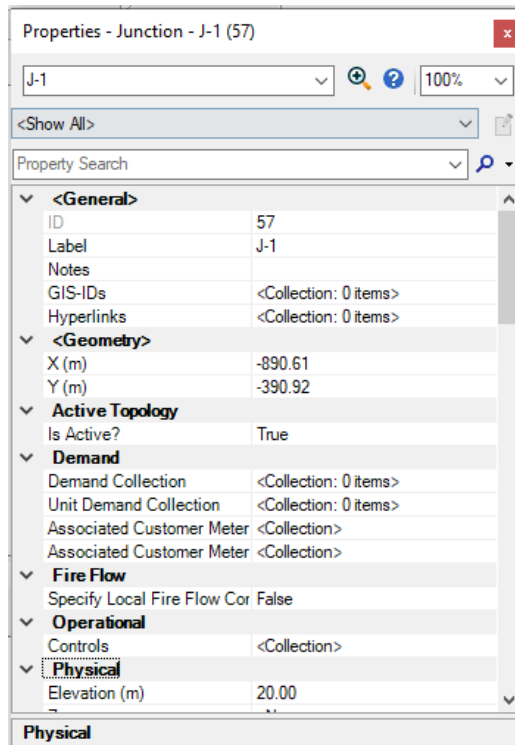
U ovom diplomskom radu čvorovi su označeni slovom J, ukupno ima 138 čvorova (od J-1 do J-138). Pojedini cjevovodi označeni su slovom P, ukupno ima 270 dionica (od P-1 do P-270). Potrošaču su označeni slovom C, a ukupno ima 140 potrošača u kojima je smješteno stanovništvo (od C-1 do C-140), te kamp (C-kamp) i industrija (C-IND). Na slici 17. prikazana je cijela vodoopskrbna mreža (Varijanta 2) te jedan istaknuti dio na kojem se vidi način označavanja.



Slika 17: Definirana vodoopskrbna mreža unutar programa WaterCAD V8i

Nakon što je definirana vodoopskrbna mreža potrebno je definirati nadmorske visine čvorova i potrošača. Unos i izmjena podataka mogući su na dva načina, prvi način moguć je dvostrukim klikom na element koji se želi urediti kojim se otvara "Properties Editor" (Slika 18.), te se tamo unose željeni podaci. Ovaj način omogućuje unos podataka za svaki element zasebno, drugi način omogućuje unos podataka na jednom mjestu u tabličnom prikazu tako da se u izborniku "View" odabere naredba "Flex Tables" gdje se odaberu elementi za koje se žele definirati podaci (Slika 19.).

# Tedi Cvečić, Idejno rješenje sanacije i proširenja vodoopskrbnog sustava naselja Čepić primjenom WaterCAD V8i računalnog programa



Slika 18: Unos značajki čvora J-1 pomoću “Property Editora”

FlexTable: Pipe Table (slucaj1.wtg)

ID	Label	Length (Scaled) (m)	Start Node	Stop Node	Diameter (mm)	Material	Hazen-Williams C	Has Check Valve?	Minor Loss Coefficient (Local)	Flow (L/s)	Velocity (m/s)	Headloss Gradient (m/m)	Has User Defined Length?	Length (User Defined) (m)
644: P-(PK-11)	644 P-(PK-11)	5,474	J-1	PK	250.0	Ductile Iron	130.0	<input type="checkbox"/>	0.000	(N/A)	(N/A)	(N/A)	<input type="checkbox"/>	0
645: P-(V-PK)	645 P-(V-PK)	6.16	PK	V	250.0	Ductile Iron	130.0	<input type="checkbox"/>	0.000	(N/A)	(N/A)	(N/A)	<input type="checkbox"/>	0
62: P-1	62 P-1	944	J-1	J-2	150.0	Ductile Iron	130.0	<input type="checkbox"/>	0.000	(N/A)	(N/A)	(N/A)	<input type="checkbox"/>	0
88: P-2	88 P-2	65	J-2	J-3	150.0	Ductile Iron	130.0	<input type="checkbox"/>	0.000	(N/A)	(N/A)	(N/A)	<input type="checkbox"/>	0
90: P-3	90 P-3	15	J-3	C-1	150.0	Ductile Iron	130.0	<input type="checkbox"/>	0.000	(N/A)	(N/A)	(N/A)	<input type="checkbox"/>	0
92: P-3	92 P-3	114	J-3	J-4	150.0	Ductile Iron	130.0	<input type="checkbox"/>	0.000	(N/A)	(N/A)	(N/A)	<input type="checkbox"/>	0
94: P-4	94 P-4	41	J-4	C-2	150.0	Ductile Iron	130.0	<input type="checkbox"/>	0.000	(N/A)	(N/A)	(N/A)	<input type="checkbox"/>	0
96: P-5	96 P-5	7	J-4	J-5	150.0	Ductile Iron	130.0	<input type="checkbox"/>	0.000	(N/A)	(N/A)	(N/A)	<input type="checkbox"/>	0
98: P-6	98 P-6	17	J-5	C-3	150.0	Ductile Iron	130.0	<input type="checkbox"/>	0.000	(N/A)	(N/A)	(N/A)	<input type="checkbox"/>	0
100: P-7	100 P-7	23	J-5	J-6	150.0	Ductile Iron	130.0	<input type="checkbox"/>	0.000	(N/A)	(N/A)	(N/A)	<input type="checkbox"/>	0
102: P-7	102 P-7	33	J-6	J-7	150.0	Ductile Iron	130.0	<input type="checkbox"/>	0.000	(N/A)	(N/A)	(N/A)	<input type="checkbox"/>	0
104: P-8	104 P-8	6	J-7	C-4	150.0	Ductile Iron	130.0	<input type="checkbox"/>	0.000	(N/A)	(N/A)	(N/A)	<input type="checkbox"/>	0
106: P-9	106 P-9	19	J-7	J-8	150.0	Ductile Iron	130.0	<input type="checkbox"/>	0.000	(N/A)	(N/A)	(N/A)	<input type="checkbox"/>	0
108: P-10	108 P-10	4	J-8	C-5	150.0	Ductile Iron	130.0	<input type="checkbox"/>	0.000	(N/A)	(N/A)	(N/A)	<input type="checkbox"/>	0
110: P-11	110 P-11	15	J-8	J-9	150.0	Ductile Iron	130.0	<input type="checkbox"/>	0.000	(N/A)	(N/A)	(N/A)	<input type="checkbox"/>	0
112: P-12	112 P-12	9	J-9	C-6	150.0	Ductile Iron	130.0	<input type="checkbox"/>	0.000	(N/A)	(N/A)	(N/A)	<input type="checkbox"/>	0
114: P-13	114 P-13	28	J-9	J-10	150.0	Ductile Iron	130.0	<input type="checkbox"/>	0.000	(N/A)	(N/A)	(N/A)	<input type="checkbox"/>	0
116: P-14	116 P-14	6	J-10	C-7	150.0	Ductile Iron	130.0	<input type="checkbox"/>	0.000	(N/A)	(N/A)	(N/A)	<input type="checkbox"/>	0
118: P-15	118 P-15	21	J-10	J-11	150.0	Ductile Iron	130.0	<input type="checkbox"/>	0.000	(N/A)	(N/A)	(N/A)	<input type="checkbox"/>	0
120: P-16	120 P-16	9	J-11	C-8	150.0	Ductile Iron	130.0	<input type="checkbox"/>	0.000	(N/A)	(N/A)	(N/A)	<input type="checkbox"/>	0
122: P-17	122 P-17	45	J-11	C-9	150.0	Ductile Iron	130.0	<input type="checkbox"/>	0.000	(N/A)	(N/A)	(N/A)	<input type="checkbox"/>	0
124: P-18	124 P-18	143	J-6	J-12	150.0	Ductile Iron	130.0	<input type="checkbox"/>	0.000	(N/A)	(N/A)	(N/A)	<input type="checkbox"/>	0
126: P-19	126 P-19	41	J-12	J-13	150.0	Ductile Iron	130.0	<input type="checkbox"/>	0.000	(N/A)	(N/A)	(N/A)	<input type="checkbox"/>	0
131: P-20	131 P-20	9	J-13	C-10	150.0	Ductile Iron	130.0	<input type="checkbox"/>	0.000	(N/A)	(N/A)	(N/A)	<input type="checkbox"/>	0
133: P-21	133 P-21	41	J-13	J-14	150.0	Ductile Iron	130.0	<input type="checkbox"/>	0.000	(N/A)	(N/A)	(N/A)	<input type="checkbox"/>	0
135: P-22	135 P-22	10	J-14	C-11	150.0	Ductile Iron	130.0	<input type="checkbox"/>	0.000	(N/A)	(N/A)	(N/A)	<input type="checkbox"/>	0
137: P-23	137 P-23	30	J-14	J-15	150.0	Ductile Iron	130.0	<input type="checkbox"/>	0.000	(N/A)	(N/A)	(N/A)	<input type="checkbox"/>	0
139: P-24	139 P-24	13	J-15	C-12	150.0	Ductile Iron	130.0	<input type="checkbox"/>	0.000	(N/A)	(N/A)	(N/A)	<input type="checkbox"/>	0
141: P-25	141 P-25	37	J-15	C-13	150.0	Ductile Iron	130.0	<input type="checkbox"/>	0.000	(N/A)	(N/A)	(N/A)	<input type="checkbox"/>	0
143: P-26	143 P-26	39	J-12	J-16	150.0	Ductile Iron	130.0	<input type="checkbox"/>	0.000	(N/A)	(N/A)	(N/A)	<input type="checkbox"/>	0
145: P-27	145 P-27	17	J-16	C-14	150.0	Ductile Iron	130.0	<input type="checkbox"/>	0.000	(N/A)	(N/A)	(N/A)	<input type="checkbox"/>	0
147: P-28	147 P-28	28	J-16	J-17	150.0	Ductile Iron	130.0	<input type="checkbox"/>	0.000	(N/A)	(N/A)	(N/A)	<input type="checkbox"/>	0

Slika 19: Definiranje značajki cijevi unutar “Flex Editora”

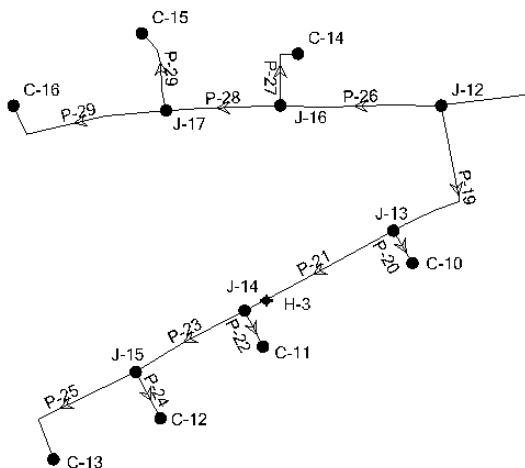


### 7.2.1. Postavljanje hidrantske mreže

Pravilnikom o hidrantskoj mreži za gašenje požara (NN 8/06) propisano je da svako naselje koje ima izgrađeni vodoopskrbni sustav mora imati i vanjsku hidrantsku mrežu. Vanjska hidrantska mreža za gašenje požara je hidrantska mreža za gašenje požara izvedena izvan građevine koja se štiti, a završava nadzemnim ili podzemnim hidrantom. Hidrant je vodovodna armatura na koju se vatrogasci prključuju prilikom gašenja požara, a moraju imati siguran izvor vode koji omogućuje dovoljne količine vode za gašenje požara, te moraju osigurati propisani tlak. Također, hidranti moraju biti izvedeni tako da omoguće sigurno i efikasno rukovanje i uporabu [13].

Prema pravilniku maksimalna međusobna udaljenost dva hidranta iznosi 150 m, iznimno u naseljima sa samostojećim obiteljskim kućama udaljenost između dva hidranta može iznositi maksimalno 300 m. Kako je Čepić naselje sa samostojećim obiteljskim kućama hidranti će biti postavljeni na udaljenosti do 300 metara. Udaljenost bilo koje vanjske točke građevine ili neke točke šticenog prostora i najbližeg hidranta ne smije biti veća od 80 m, niti manja od 5 m. Najmanji tlak na izlazu iz hidranta ne smije biti manji od 2,5 bara. Minimalna količina vode koju je potrebno osigurati za gašenje požara iznosi 600 l/min, odnosno 10 l/s [13].

U WaterCAD V8i računalnom programu hidranti se postavljaju tako da se u izborniku “*Layout*” odabere “*Hydrant*”. Nadmorske visine hidranata moguće je upisati pomoću “*Flex Table*”. Ukupno je postavljeno 38 hidranata u naselju Čepić. Na slici 20. prikazan je položaj hidranta H-3 unutar vodoopskrbne mreže.



Slika 20: Položaj hidranta H-3 unutar vodoopskrbne mreže

### 7.2.2. Definiranje potrošnje vode

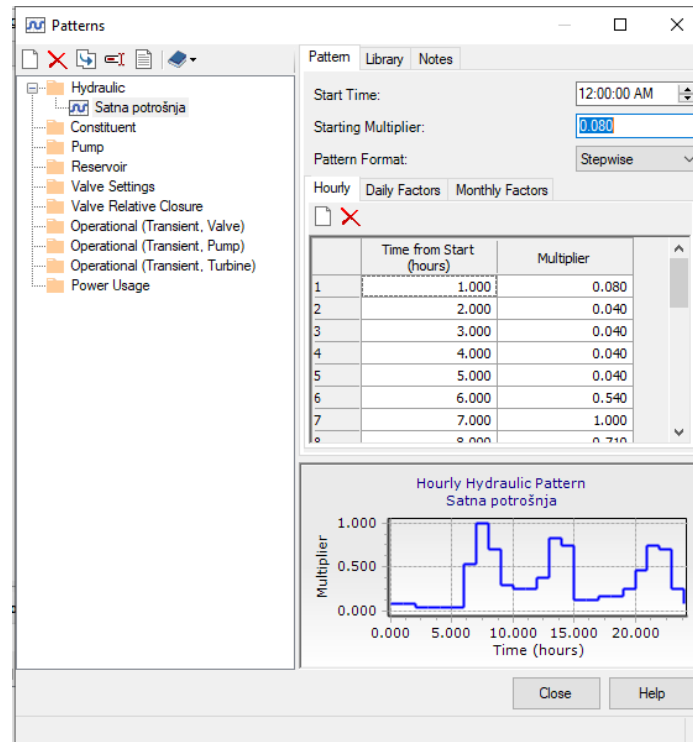
Nakon definiranja značajki elemenata vodoopskrbne mreže potrebno je svakom potrošaču dodijeliti njegovu potrošnju vode definiranu u poglavlju 5. Potrošnja vode svakog naselja mijenja se ovisno o dobi dana. Najveće se razlike u potrošnji vode javljaju kod seoskih naselja kao što je slučaj u ovome diplomskom radu. U WaterCAD V8i programu potrošnja vode se definira na način da se kreiraju uzorci (varijante) potrošnje vode. U ovome diplomskom radu definirane su 3 varijante potrošnje vode, jedna za stanovništvo, druga za industriju i treća za potrebe gašenja požara. U poglavlju 5. definirana je satna potrošnja vode kao postotak maksimalne dnevne potrošnje u pojedinim satima. Kako bi se definirale varijante potrošnje vode potrebno je proračunati multiplikatore koji se određuju tako da se pojedina satna potrošnja podijeli sa najvećom satnom potrošnjom u danu (Tablica 13). Najveći multiplikator iznosi 1, on se javlja u satu najveće dnevne potrošnje vode.

Tablica 13. Tablični prikaz multiplikatora u odnosu na neravnomjernost satne potrošnje vode stanovništva

Vrijeme [h]	Satna potrošnja [%]	Multiplikator [/]
00:00 - 01:00	1,0	0,08
01:00 - 02:00	0,5	0,04
02:00 - 03:00	0,5	0,04
03:00 - 04:00	0,5	0,04
04:00 - 05:00	0,5	0,04
05:00 - 06:00	6,5	0,54
06:00 - 07:00	12,0	1,00
07:00 - 08:00	8,5	0,71
08:00 - 09:00	3,5	0,29
09:00 - 10:00	3,0	0,25
10:00 - 11:00	3,0	0,25
11:00 - 12:00	4,5	0,38
12:00 - 13:00	10,0	0,83
13:00 - 14:00	9,0	0,75
14:00 - 15:00	1,5	0,13
15:00 - 16:00	1,5	0,13
16:00 - 17:00	2,0	0,17
17:00 - 18:00	2,0	0,17
18:00 - 19:00	3,0	0,25
19:00 - 20:00	5,5	0,46
20:00 - 21:00	9,0	0,75
21:00 - 22:00	8,5	0,71
22:00 - 23:00	3,0	0,25
23:00 - 24:00	1,0	0,08

## Tedi Cvečić, Idejno rješenje sanacije i proširenja vodoopskrbnog sustava naselja Čepić primjenom WaterCAD V8i računalnog programa

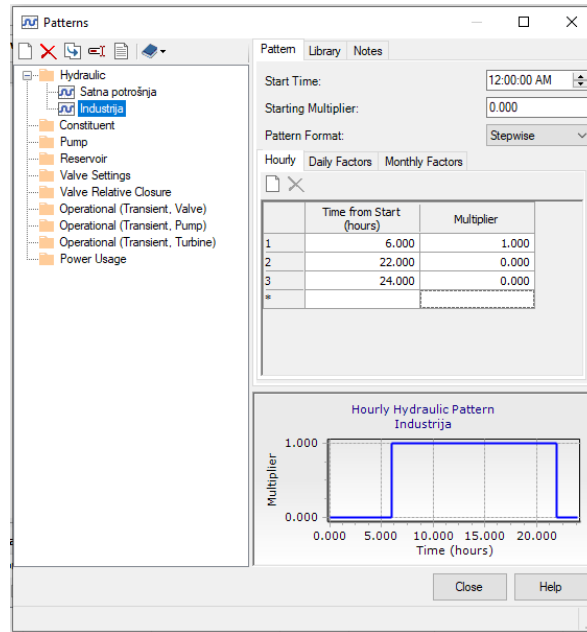
Varijante potrošnje vode u WaterCAD V8i programu definiraju se tako da se u “Home” izborniku odabere opcija “Pattern”, tamo se odabere folder “Hydraulic” gdje se naredbom “New” stvore 3 varijante. Na slici 21. prikazan je uzorak za potrošnju vode stanovništva.



Slika 21: Definiranje uzorka potrošnje vode stanovništva u WaterCAD V8i programu

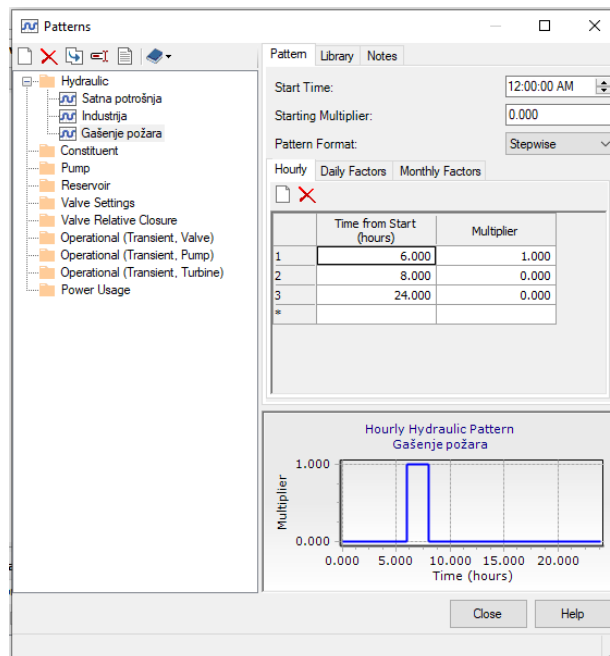
Drugi uzorak potrebno je definirati za industriju. U poglavlju 3. definirano je 16-satno radno vrijeme industrije, od 6 h do 22 h. Za vrijeme radnog vremena industrije multiplikator iznosi 1. Na slici 22. prikazano je definiranje uzorka za industriju.

# Tedi Cvečić, Idejno rješenje sanacije i proširenja vodoopskrbnog sustava naselja Čepić primjenom WaterCAD V8i računalnog programa



Slika 22: Definiranje uzorka potrošnje vode za industriju u WaterCAD V8i programu

Treći uzorak potrebno je definirati za gašenje požara. U poglavlju 3. definirano je minimalno trajanje gašenja požara od 2 h. Pojava požara definira se za vrijeme najveće satne potrošnje vode i to u trajanju od 2 h. U ovom slučaju to je od 6 h do 8h, za to vrijeme multiplikator iznosi 1. Na slici 23. prikazano je definiranje uzorka za gašenje požara.



Slika 23: Definiranje uzorka potrošnje vode za gašenje požara u WaterCAD V8i programu

Nakon što su definirani svi uzorci potrošnje vode, potrebno je svakome pojedinom potrošaču dodijeliti njegovu potrošnju vode. U izborniku “Home” potrebno je odabrati “Demand Centar”, potom “Control Demand Centar”, gdje se klikom na “New” odabere “Add Demands”, a zatim se na zaslonu označe svi čvorovi i potrošači. U novonastaloj tablici u stupcu “Pattern (Demand)” odabere se jedan od uzoraka, za potrošač C-IND odabere se uzorak “Industrija”, a za sve ostale “Satna Potrošnja”. U stupcu “Demand (Base)” upišu se vlastiti protoci svih potrošača koji su prethodno definirani proračunati u poglavlju 4. Na slici 24. prikazana je tablica u kojoj su definirani uzorci i vlastiti protoci vode za sve potrošače.

	ID	Label	Demand (Base) (L/s)	Pattern (Demand)	Zone
1	89	C-1	0.07	Satna potrošnja	<None>
2	93	C-2	0.19	Satna potrošnja	<None>
3	97	C-3	0.08	Satna potrošnja	<None>
4	103	C-4	0.05	Satna potrošnja	<None>
5	107	C-5	0.05	Satna potrošnja	<None>
6	111	C-6	0.05	Satna potrošnja	<None>
7	115	C-7	0.05	Satna potrošnja	<None>
8	119	C-8	0.05	Satna potrošnja	<None>
9	121	C-9	0.21	Satna potrošnja	<None>
10	130	C-10	0.05	Satna potrošnja	<None>
11	134	C-11	0.05	Satna potrošnja	<None>
12	138	C-12	0.06	Satna potrošnja	<None>
13	140	C-13	0.17	Satna potrošnja	<None>
14	144	C-14	0.08	Satna potrošnja	<None>
15	148	C-15	0.10	Satna potrošnja	<None>
16	150	C-16	0.19	Satna potrošnja	<None>
17	65	C-17	0.17	Satna potrošnja	<None>
18	71	C-18	0.05	Satna potrošnja	<None>
19	73	C-19	0.05	Satna potrošnja	<None>
20	81	C-20	0.14	Satna potrošnja	<None>
21	83	C-21	0.22	Satna potrošnja	<None>

Slika 24: Definiranje potrošnje vode stanovništva, industrije i kampa u WaterCAD V8i programu

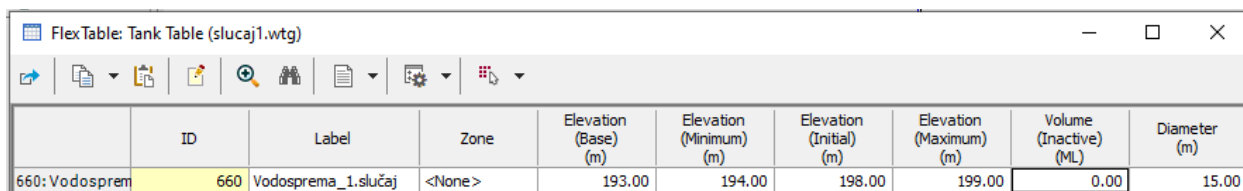
### 7.3. Definiranje vodospreme/vodotornja unutar WaterCAD V8i programa

Ovim diplomskim radom projektirana su dva slučaja vodoopskrbnog sustava. Prvi slučaj predstavlja postojeće stanje kod kojeg se vodosprema nalazi u naselju Kožljak. Kod drugog slučaja

## Tedi Cvečić, Idejno rješenje sanacije i proširenja vodoopskrbnog sustava naselja Čepić primjenom WaterCAD V8i računalnog programa

zbog nedovoljnih tlačnih visina predviđena je izgradnja vodotornja u naselju Čepić. U oba slučaja maksimalna dnevna potrošnja vode je jednaka, te stoga vodne komore vodospreme i vodotornja mogu imati jednake volumene. U poglavlju 5. definiran je volumen vodne komore vodospreme i vodotornja, od 1000 m<sup>3</sup>. Predviđen je cilindrični oblik vodospreme promjera 15 m. U prvom slučaju vodosprema se nalazi na koti terena od 195 m n.m., dno vodospreme nalazi se na 193 m n.m., minimalna razina vode u vodospremi iznosi 1 m, odnosno minimalna razina vode nalazi se na koti od 194 m n.m. Početna razina vode u vodospremi jednaka je 5 m, odnosno 198 m n.m., maksimalna razina vode u vodospremi iznosi 6 m, odnosno 199 m n.m. Kod drugog slučaja predviđa se gradnja vodotornja na koti terena od 110 m n.m., dno vodospreme nalazi se na 119 m n.m. Minimalna razina vode također iznosi 1 m, odnosno 120 m n.m. Početna razina vode u vodospremi jednaka je 5 m, odnosno 124 m n.m., maksimalna razina vode u vodospremi iznosi 6 m n.m., odnosno 125 m n.m.

U WaterCad V8i programu vodosprema se postavlja na vodoopskrbnu mrežu tako da se u izborniku odabere „Layout“ odabere opcija „Tank“. Nakon što je vodosprema postavljena na željenju lokaciju potrebno je definirati njezine značajke, one se mogu definirati pomoću opcija „Property Editor“ ili „Flex Table“. Ondje je potrebno definirati „Elevation (Base)“, odnosno kotu dna vodospreme, „Elevation (Minimum)“, odnosno minimalnu razinu vode u vodospremi, „Elevation (Initial)“, odnosno početnu razinu vode u vodospremi i „Elevation (Maximum)“, odnosno maksimalnu razinu vode u vodospremi. Na slici 25. prikazano je definiranje značajki vodospreme za 1. slučaj pomoću opcije „Flex Table“.



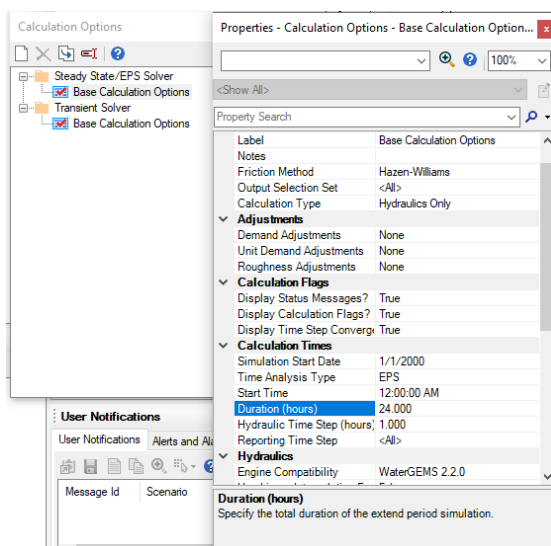
ID	Label	Zone	Elevation (Base) (m)	Elevation (Minimum) (m)	Elevation (Initial) (m)	Elevation (Maximum) (m)	Volume (Inactive) (ML)	Diameter (m)
660: Vodosprem	660 Vodosprema_1.slučaj	<None>	193.00	194.00	198.00	199.00	0.00	15.00

Slika 25: Definiranje značajki vodospreme pomoću opcije “Flex Table” u WaterCAD V8i programu

## 8. HIDRAULIČKA ANALIZA PODMODELA IZRAĐENIH U WATERCAD V8i RAČUNALNOM PROGRAMU

U prethodnom poglavlju postavljena je vodoopskrbna mreža, definirane su značajke cijevi, čvorova i potrošača, također definirana je potrošnja vode i značajke vodospreme. Nakon što su svi ti elementi postavljeni i definirani potrebno je provesti hidrauličku analizu. Hidraulička analiza provodi se kako bi se dobili podaci o tome funkcionira li projektirani vodoopskrbni sustav, odnosno jesu li zadovoljene potrebe svih potrošača u mreži i nalaze li se određene fizikalne veličine unutar dozvoljenih granica. U WaterCAD V8i računalnom programu moguće je provesti dvije vrste analiza. Prva analiza promatra stacionarno strujanje te ona prikazuje rezultate za jedan vremenski korak. Druga vrsta je analiza proširenog vremenskog razdoblja (eng. EPS, *Expanded Period Simulation*) koju je moguće provesti za bilo koje vremensko trajanje. EPS analizom zadaje se vremenski korak, prilikom čega se za manji vremenski korak dobivaju jasniji rezultati promatranog modela. Pomoću EPS modela moguće je promatrati kako se mijenja razina vode u vodospremi tijekom rada crpki, kako se mijenja potrošnja vode tijekom dana i sl.

Vrsta analize bira se u izborniku “*Analysis*”, ondje se odabire naredba “*Options*”, zatim dvostruki klik na “*Base Calculation Options*”, gdje se otvara prozor u kojem se pod “*Time Analysis Type*” odabire “*EPS*”, a pod “*Duration (hours)*” upisuje se 24 h. Postupak odabira vrste analize prikazan je na slici 26.



Slika 26: Odabir vrste hidrauličke analize u WaterCAD V8i računalnom programu

Nakon što je odabrana vrsta hidrauličke analize potrebno je izvršiti samu analizu. Ona se pokreće tako da se u izbornicima “Home” ili “Analysis” odabere naredba “Compute”. Po završetku analize, ukoliko je model ispravno definiran, otvara se prozor “Calculation Summary”. U prozoru “Calculation Summary” za svaki se vremenski korak prikazuje funkcionira li model ispravno. Ukoliko se pojavi zelena boja to znači da model ispravno funkcionira, plava boja daje informacijske poruke, žuta boja karakterizira upozorenja, a crvena boja označava da u modelu postoji greška koju je potrebno ispraviti kako bi se proračun mogao sprovesti. Na slici 27. prikazan je “Calculation Summary” izvještaj.

Time (hours)	Balanced?	Trials	Relative Flow Change	Flow Supplied (L/s)	Flow Demanded (L/s)	Flow Stored (L/s)
All Time Steps(...)	True	44	0.0000058	26.60	10.14	16.46
0.00	True	2	0.0000058	26.60	1.73	24.87
0.08	True	1	0.0000032	26.60	1.73	24.87
1.00	True	1	0.0000002	26.60	1.73	24.87
2.00	True	2	0.0000032	26.60	0.86	25.74
3.00	True	1	0.0000032	26.60	0.86	25.74
4.00	True	1	0.0000032	26.60	0.86	25.74
5.00	True	1	0.0000038	26.60	0.86	25.74
6.00	True	2	0.0000006	26.60	16.66	9.94
7.00	True	2	0.0000009	26.60	26.60	0.00
8.00	True	2	0.0000010	26.60	20.34	6.26
9.00	True	2	0.0000006	26.60	11.26	15.34
10.00	True	2	0.0000003	26.60	10.40	16.20
11.00	True	1	0.0000003	26.60	10.40	16.20

Slika 27: “Calculation Summary” izvještaj u WaterCAD V8i računalnom programu

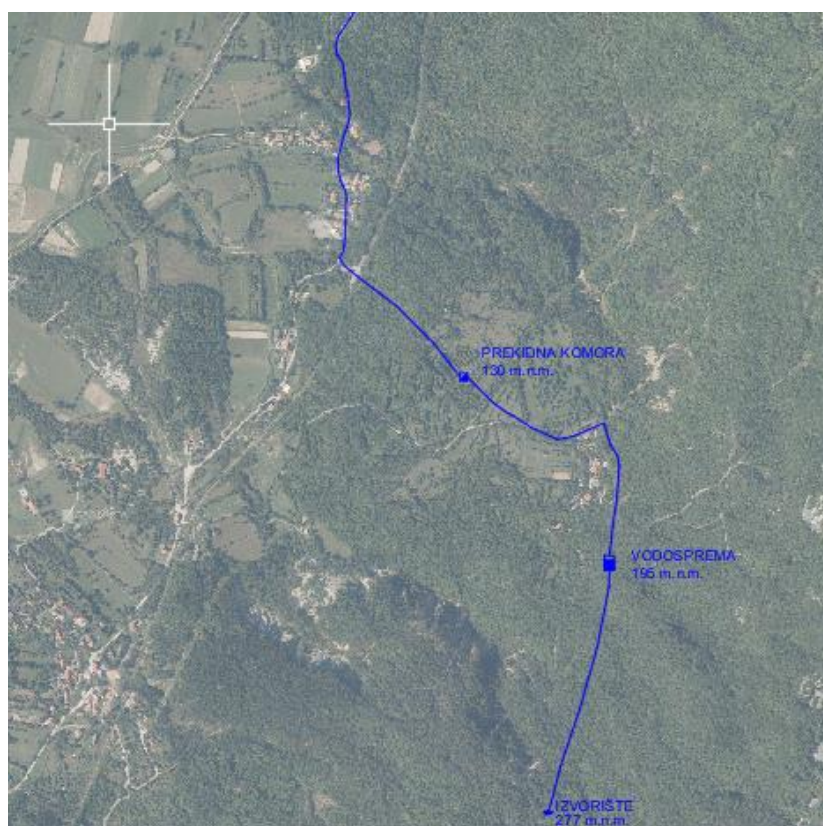
## 8.1. Varijanta 1

Prvi slučaj koji je analiziran u WaterCAD V8i računalnom programu predstavlja postojeći vodoopskrbni sustav naselja Čepić. Izvorište se nalazi u naselju Kožljak na nadmorskoj visini od 277 m n.m. Izvorište definirano u WaterCAD V8i programu ima neograničenu izdašnost, da vodoopskrbni sustav ne bi uzimao previše vode postavljen je FCV ventil kojim je protok ograničen



## Tedi Cvečić, Idejno rješenje sanacije i proširenja vodoopskrbnog sustava naselja Čepić primjenom WaterCAD V8i računalnog programa

na definiranu vrijednost. Vodosprema je također smještena u naselju Kožljak, nalazi se na koti terena od 195 m n.m., dno vodospremne nalazi se na 193 m n.m., minimalna razina vode u vodospremi iznosi 1 m, odnosno minimalna razina vode nalazi se na koti od 194 m n.m. Početna razina vode u vodospremi jednaka je 5 m, odnosno 198 m n.m., maksimalna razina vode u vodospremi iznosi 6 m, odnosno 199 m n.m. Projektirani volumen vodospreme iznosi 1000 m<sup>3</sup>, a predviđen je cilindrični oblik vodospreme promjera 15 m. Kako se vodosprema nalazi na znatno većoj nadmorskoj visini od potrošača u naselju Čepić u sustavu se nalazi i prekidna komora koja je smještena u naselju Kožljak na nadmorskoj visini od 130 m n.m. Cijeli vodoopskrbni sustav je u potpunosti gravitacijski. Dispozicije izvorišta, vodospreme i prekidne komore prikazane su na slici 28. (Prilog 3.).



Slika 28: Dispozicija izvorišta, vodospreme i prekidne komore – Varijanta 1

Hidraulički proračun proveden je za vrijeme najveće satne potrošnje vode stanovništva, turista i industrije, a javlja se između 6 i 7 h ujutro. Na slici 29. prikazane su dionice sa najvećim protocima i brzinama za vrijeme najveće satne potrošnje vode.

Tedi Cvečić, Idejno rješenje sanacije i proširenja vodoopskrbnog sustava naselja Čepić  
primjenom WaterCAD V8i računalnog programa

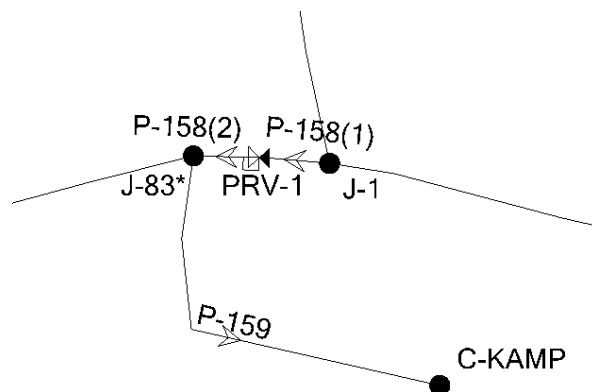
	ID	Label	Length (Scaled) (m)	Start Node	Stop Node	Diameter (mm)	Material	Flow (L/s)	Velocity (m/s)
693: P-309(1)	693	P-309(1)	108	Izvorište	FCV-1	250.0	Ductile Iron	26.60	0.54
694: P-309(2)	694	P-309(2)	437	FCV-1	Vodosprema...	250.0	Ductile Iron	26.60	0.54
699: P-(V-PK)(1)	699	P-(V-PK)(1)	38	Vodosprema...	FCV-2	250.0	Ductile Iron	26.60	0.54
700: P-(V-PK)(2)	700	P-(V-PK)(2)	578	FCV-2	Prekidna kom...	250.0	Ductile Iron	26.60	0.54
678: P-(V-Č1)	678	P-(V-Č1)	5,470	Prekidna kom...	J-1	250.0	Ductile Iron	26.60	0.54
411: P-158	411	P-158	20	J-1	J-83*	200.0	Ductile Iron	16.65	0.53
415: P-160	415	P-160	262	J-83*	J-83	150.0	Ductile Iron	12.65	0.72
62: P-1	62	P-1	944	J-1	J-2	150.0	Ductile Iron	9.95	0.56
64: P-30	64	P-30	11	J-2	J-19	150.0	Ductile Iron	8.45	0.48
68: P-32	68	P-32	18	J-19	J-20	150.0	Ductile Iron	8.28	0.47
153: P-39	153	P-39	16	J-20	J-23	150.0	Ductile Iron	7.82	0.44
157: P-41	157	P-41	35	J-23	J-24	150.0	Ductile Iron	7.68	0.43
419: P-162	419	P-162	51	J-83	J-84	150.0	Ductile Iron	7.65	0.43
161: P-43	161	P-43	24	J-24	J-25	150.0	Ductile Iron	7.61	0.43
167: P-46	167	P-46	14	J-25	J-26	150.0	Ductile Iron	7.51	0.42
171: P-48	171	P-48	10	J-26	J-27	150.0	Ductile Iron	7.46	0.42
175: P-50	175	P-50	8	J-27	J-28	150.0	Ductile Iron	7.41	0.42

Slika 29: Tablični prikaz dionica sa najvećim protocima i brzinama toka za vrijeme najveće satne potrošnje vode – Varijanta 1

Najveći protok javlja se između vodospreme i čvora 1, te on iznosi 26,6 l/s, ujedno i vrijednost koja odgovara vrijednosti dobivenoj u ručno izrađenom hidrauličkom proračunu koji je prikazan u *Prilogu 1*. Ista vrijednost protoka dobivena je na dionici između izvorišta i vodospreme, te na dionici između vodospreme i prekidne komore, jer su na tim dionicama postavljeni FCV ventili koji reguliraju protok baš na tu vrijednost. Najveće brzine toka vode koje se pojavljuju u vodoopskrbnom sustavu manje su od 1 m/s, to je zadovoljavajuće. Brzine veće od 2 m/s mogu izazvati turbulencije i oštećenje cijevi. Minimalne brzine toka vode u vodoopskrbnom sustavu iznose i do 0,01 m/s, one se javljaju na kratkim dionicama od zadnjeg čvora do krajnjeg potrošača.

Još jedan od uvjeta koje je potrebno zadovoljiti prilikom projektiranja vodoopskrbnog sustava su radni tlakovi na potrošačima, oni trebaju biti u granicama od 2,5 do 7 bara. U naselju Čepić nadmorske visine potrošača variraju od 21 do 92 m n.m., te je zbog tog razloga bilo nemoguće dobiti radne unutar dozvoljenih granica bez upotrebe reducir ventila. U ovom slučaju postavljena su 2 reducir ventila koji spuštaju tlak unutar dozvoljenih granica. U WaterCAD V8i programu postoji više vrsta reducir ventila. U slučaju ovog diplomskog rada korišten je PRV ventil kojem se zadaje određena vrijednost na koju ventil spušta tlak, ukoliko je u nekom trenutku uzvodni radni tlak manji od te zadane vrijednosti ventil je potpuno otvoren. Na slici 30. prikazan je PRV ventil smješten u vodoopskrbnoj mreži.

Tedi Cvečić, Idejno rješenje sanacije i proširenja vodoopskrbnog sustava naselja Čepić primjenom WaterCAD V8i računalnog programa



Slika 30: Prikaz PRV ventila u WaterCAD V8i računalnom programu

Na slici 31. i 32. prikazani su maksimalni, odnosno minimalni radni tlakovi u vodoopskrbnom sustavu za lijevano-željezne cijevi koeficijenta hrapavosti od 130 prema Hazen-Wiliams kriteriju. Najveći radni tlak u mreži javlja se na čvoru Č1 i iznosi 10,05 bara. No, kako taj čvor nije potrošač u danom vodoopskrbnom sustavu na njemu se može ugraditi dodatni reducir ventil ili ugraditi čelična cijev sa većim dozvoljenim normiranim radnim tlakom. Ostali radni tlakovi manji su od najveće dopuštene vrijednosti. Najmanji radni tlak u mreži javlja se na potrošaču C77, te iznosi 2,81 bara. Taj tlak, kao i ostali radni tlakovi veći su od najmanje dozvoljene vrijednosti.

	ID	Label	Elevation (m)	Demand (L/s)	Hydraulic Grade (m)	Pressure (bars)
57: J-1	57	J-1	21.00	0.00	123.65	10.05
410: J-83*	410	J-83*	23.00	0.00	88.39	6.40
412: C-KAMP	412	C-KAMP	23.00	4.00	88.36	6.40
140: C-13	140	C-13	59.00	0.17	121.16	6.08
275: C-50	275	C-50	59.00	0.54	120.79	6.05
216: C-37	216	C-37	60.00	0.11	120.88	5.96
222: C-39	222	C-39	60.00	0.05	120.88	5.96
202: J-36	202	J-36	60.00	0.05	120.88	5.96
204: C-34	204	C-34	60.00	0.05	120.88	5.96
206: C-35	206	C-35	60.00	0.18	120.88	5.96
408: C-84	408	C-84	60.00	0.88	120.72	5.94
138: C-12	138	C-12	61.00	0.06	121.16	5.89

Slika 31: Maksimalni radni tlakovi u mreži za lijevano-željezne cijevi – Varijanta 1

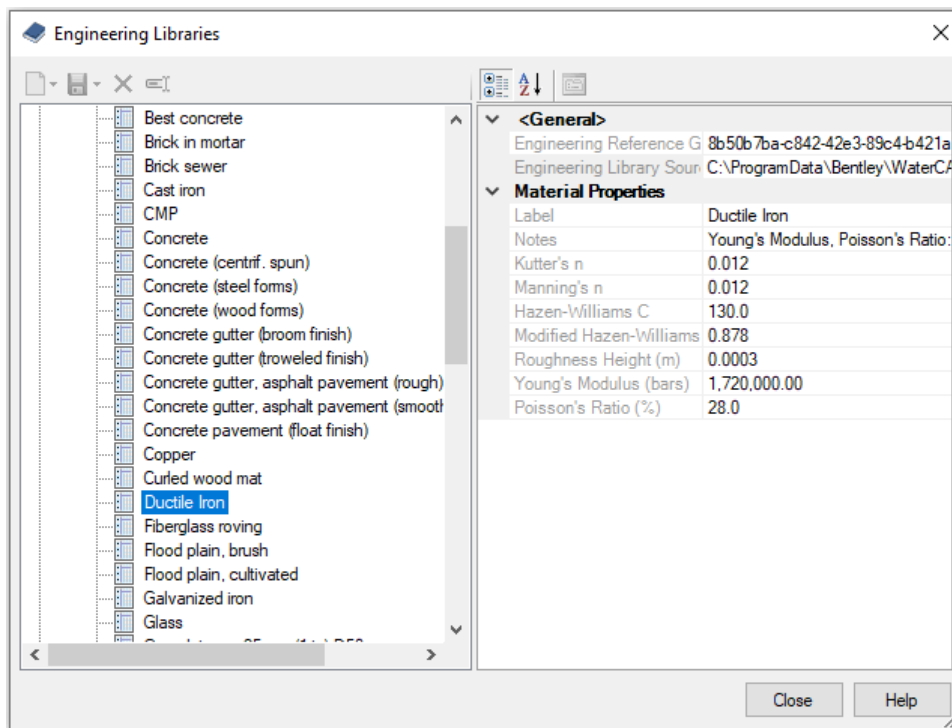
Tedi Cvečić, Idejno rješenje sanacije i proširenja vodoopskrbnog sustava naselja Čepić primjenom WaterCAD V8i računalnog programa

	ID	Label	Elevation (m)	Demand (L/s)	Hydraulic Grade (m)	Pressure (bars) ▲
383: C-77	383	C-77	92.00	0.31	120.74	2.81
381: J-77	381	J-77	92.00	0.00	120.74	2.81
377: J-76	377	J-76	91.00	0.00	120.74	2.91
379: C-76	379	C-76	91.00	0.05	120.74	2.91
357: C-71	357	C-71	91.00	0.62	120.76	2.91
492: C-102	492	C-102	57.00	0.13	86.81	2.92
488: J-103	488	J-103	57.00	0.00	86.81	2.92
373: J-75	373	J-75	90.00	0.00	120.74	3.01
375: C-75	375	C-75	90.00	0.05	120.74	3.01
490: C-101	490	C-101	56.00	0.05	86.81	3.01
369: J-74	369	J-74	89.00	0.00	120.74	3.11
371: C-74	371	C-74	89.00	0.05	120.74	3.11

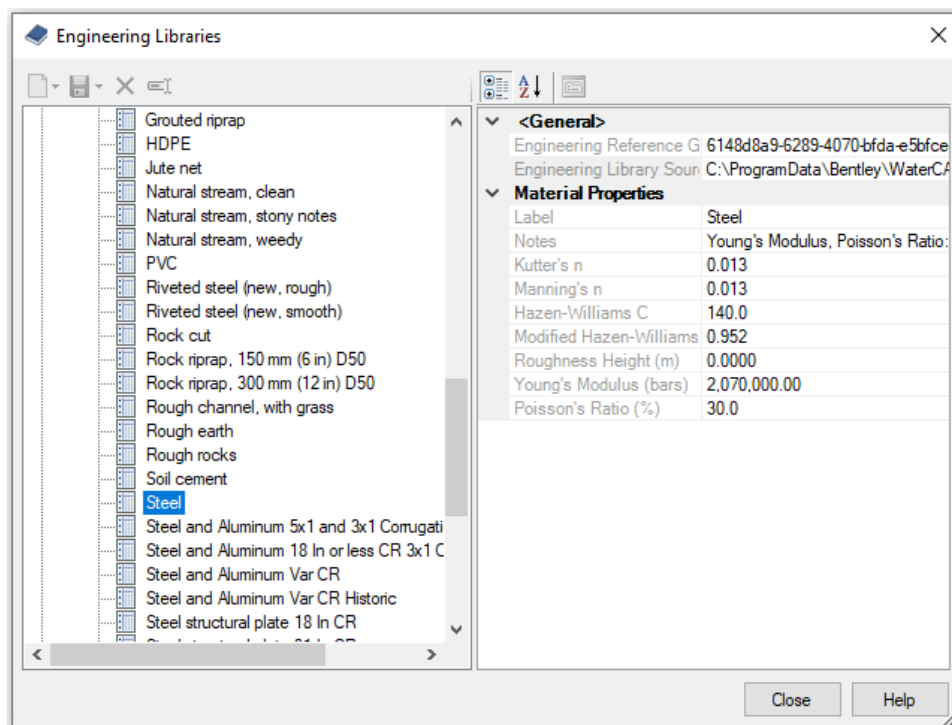
Slika 32: Minimalni radni tlakovi u mreži za lijevano-željezne cijevi – Varijanta 1

Prethodno prikazani protoci, brzine i radni tlakovi dobiveni su za lijevano željezne-cijevi, no u praksi se koriste i cijevi izrađene od drugih materijala, čelične, armirano betonske, cijevi od sintetskih materijala (PVC, PE, PEST). Cijevi koje se koriste u vodoopskrbnim sustavima moraju udovoljiti zahtjevima trajnosti, čvrstoće, otpornosti protiv korozije i ne smiju utjecati na kakvoću vode. Također, moraju biti dovoljno čvrste kako bi izdržale vanjske sile kao što su težina materijala iznad cijevi, prometno opterećenje, te unutarnje sile poput statičkog i radnog tlaka. U nastavku rada prikazat će se radni tlakovi u čeličnim i PVC cijevima. Unutar WaterCAD V8i računalnog programa moguće je pregledati karakteristike velikog broja cijevi, u izborniku “*Components*” odabere se “*Engineering Libraries*”, zatim se u otvorenom prozoru odabire “*Material Libraries*” gdje su prikazane karakteristike različitih materijala. Na slikama 33., 34. i 35. prikazane su karakteristike za lijevano-željezne cijevi, čelične i PVC cijevi.

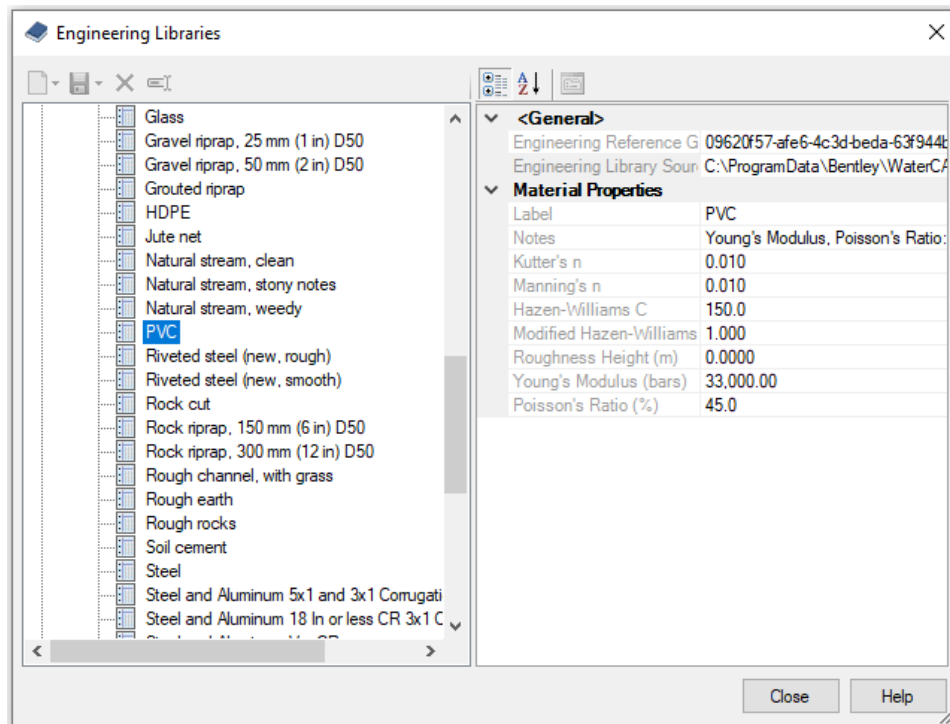
Tedi Cvečić, Idejno rješenje sanacije i proširenja vodoopskrbnog sustava naselja Čepić primjenom WaterCAD V8i računalnog programa



Slika 33: Karakteristike lijevano-željeznih cijevi unutar WaterCAD V8i računalnog programa



Slika 34: Karakteristike čeličnih cijevi unutar WaterCAD V8i računalnog programa



Slika 35: Karakteristike PVC cijevi unutar WaterCAD V8i računalnog programa

Lijevano-željezne cijevi imaju vijek trajanja preko 100 godina, mogu podnijeti radne tlakove od 10 do 20 bara, proizvode se u dužinama od 3 do 6 m, promjera 80 do 1200 mm. Prednost im je visoka antikoroziorna otpornost, a nedostaci krtost i teška doprema i rukovanje [14].

Čelične cijevi imaju dva osnovna tipa, bešavne i šavne. Bešavne cijevi promjera do 3 inča proizvode se u dužinama od 3 do 6 m, dok se cijevi promjera do 600 mm proizvode u dužinama do 16 m. Šavne cijevi proizvode se promjera do 2000 mm, iznimno i do 4000 mm u dužinama od 6 do 16 m. Proizvode se za unutarnje tlakove od 10 do 100 bara. Prednosti čeličnih cijevi su relativno mala težina, lako se obrađuju, visoka mehanička čvrstoća, a nedostaci su im visoka cijena, slaba otpornost na koroziju i složenost izvedbe zaštite, posebice na spojevima [14].

PVC cijevi izrađuju se od polivinilkloridnog monomera, u promjerima od 60 do 600 mm, dužine 6 m. Proizvode se za radne tlakove do 15 bara. Prednosti PVC cijevi su mala težina, mala hrapavost, lako se obrađuju, otporne su na koroziju, a nedostaci su opadanje čvrstoće promjenom temperature i starenjem, osjetljive su na zasjekotine, visoki koeficijenti istezanja pri temperaturnim promjenama i mala nosivost [14].

Tedi Cvečić, Idejno rješenje sanacije i proširenja vodoopskrbnog sustava naselja Čepić primjenom WaterCAD V8i računalnog programa

Na slici 36. i 37. prikazani su maksimalni radni tlakovi za vrijeme najveće satne potrošnje vode za čelične i PVC cijevi. Za čelične cijevi korišten je koeficijent hrapavosti od 140 prema Hazen-Wiliams kriteriju, dok je za PVC cijevi taj koeficijent iznosio 150. Ukoliko bi se umjesto lijevano-željeznih cijevi koristile čelične cijevi razlika u tlakovima bila bi neznatno veća, a ukoliko bi se umjesto lijevano-željeznih cijevi koristile PVC cijevi tlakovi bi također bili veći, ali za vrijednost od 0,5 do 1 bara.

	ID	Label	Elevation (m)	Demand (L/s)	Hydraulic Grade (m)	Pressure (bars)
57: J-1	57	J-1	21.00	0.00	124.59	10.14
410: J-83*	410	J-83*	23.00	0.00	88.40	6.40
412: C-KAMP	412	C-KAMP	23.00	4.00	88.37	6.40
140: C-13	140	C-13	59.00	0.17	122.42	6.21
275: C-50	275	C-50	59.00	0.54	122.10	6.18
216: C-37	216	C-37	60.00	0.11	122.18	6.09
222: C-39	222	C-39	60.00	0.05	122.18	6.09
202: J-36	202	J-36	60.00	0.05	122.18	6.09
204: C-34	204	C-34	60.00	0.05	122.18	6.09
206: C-35	206	C-35	60.00	0.18	122.18	6.09
408: C-84	408	C-84	60.00	0.88	122.04	6.07
138: C-12	138	C-12	61.00	0.06	122.42	6.01

Slika 36: Maksimalni radni tlakovi u mreži za čelične cijevi – Varijanta 1

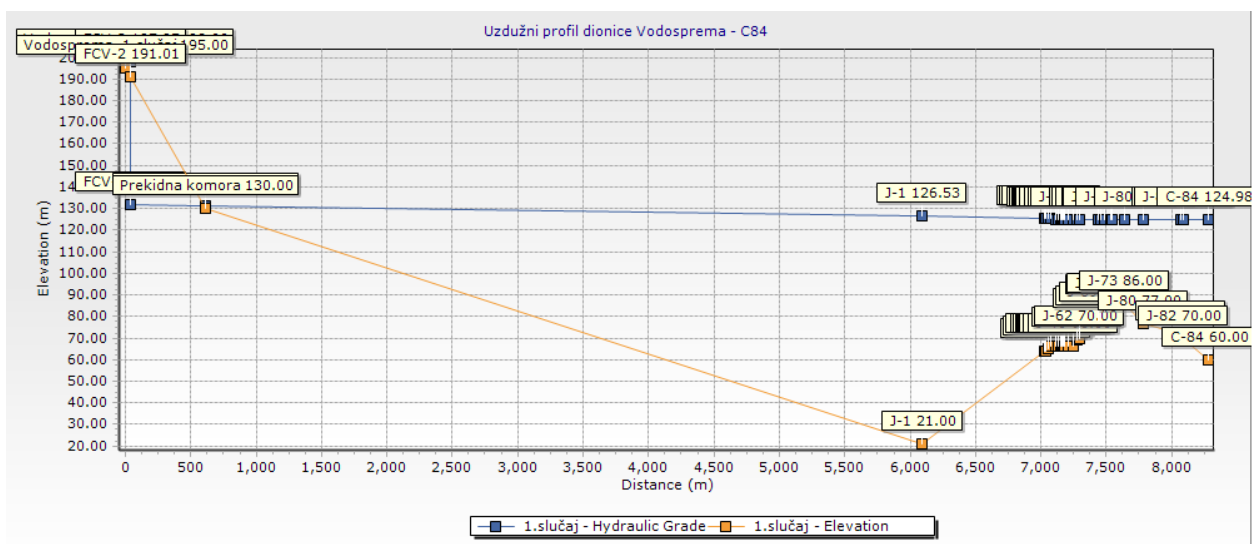
	ID	Label	Elevation (m)	Demand (L/s)	Hydraulic Grade (m)	Pressure (bars)
57: J-1	57	J-1	21.00	0.00	129.96	10.66
140: C-13	140	C-13	59.00	0.01	129.95	6.94
275: C-50	275	C-50	59.00	0.04	129.94	6.94
202: J-36	202	J-36	60.00	0.00	129.94	6.85
204: C-34	204	C-34	60.00	0.00	129.94	6.85
206: C-35	206	C-35	60.00	0.01	129.94	6.85
216: C-37	216	C-37	60.00	0.01	129.94	6.85
222: C-39	222	C-39	60.00	0.00	129.94	6.85
408: C-84	408	C-84	60.00	0.07	129.94	6.85
138: C-12	138	C-12	61.00	0.00	129.95	6.75

Slika 37: Maksimalni radni tlakovi u mreži za PVC cijevi – Varijanta 1

Još jedna mogućnost koju nudi WaterCAD V8i program je izrada uzdužnih profila. U izborniku “View” odabire se opcija “Profiles”, tamo se odabire dionica za koju se želi izraditi uzdužni profil. Na slici 38. prikazan je uzdužni profil od Vodospreme do krajnjeg potrošača C84. Na profilu su

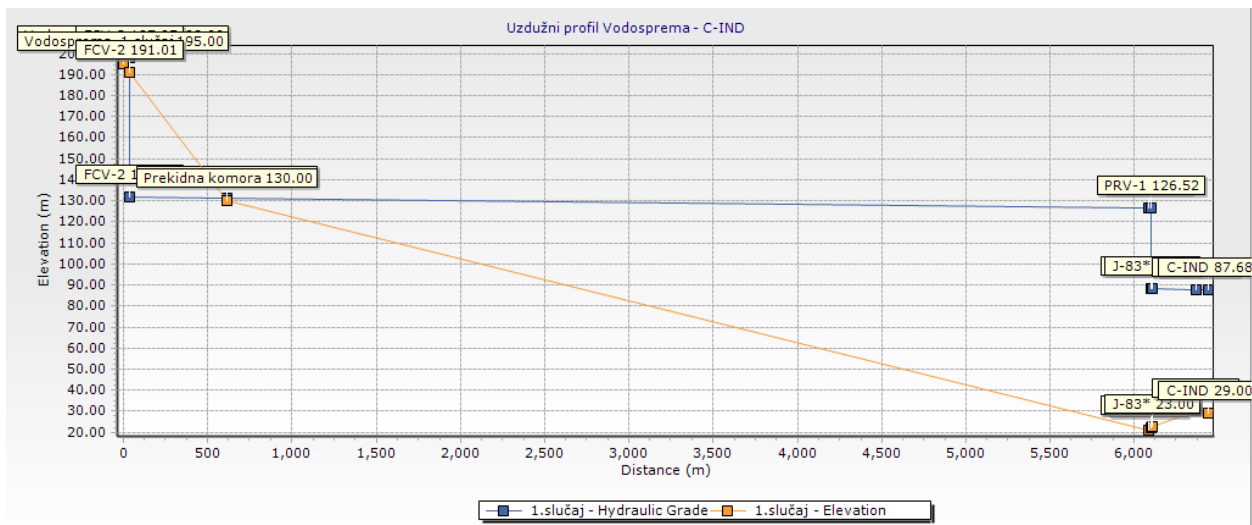
# Tedi Cvečić, Idejno rješenje sanacije i proširenja vodoopskrbnog sustava naselja Čepić primjenom WaterCAD V8i računalnog programa

prikazane kota terena potrošača i čvorova, te kota piezometarske linije, a razlika tih dviju kota daje hidrodinamički, odnosno radni tlak.



Slika 38: Uzdužni profil dionice Vodosprema - C84 – Varijanta 1

Na slici 39. prikazan je uzdužni profil od Vodospreme do industrije. Taj profil je zanimljiv iz razloga jer se na toj dionici nalazi reducir ventil te se na njemu jasno može uočiti značajan pad piezometarske linije uslijed prolaza reducir ventilom koji smanjuje tlak unutar dopuštenih granica.



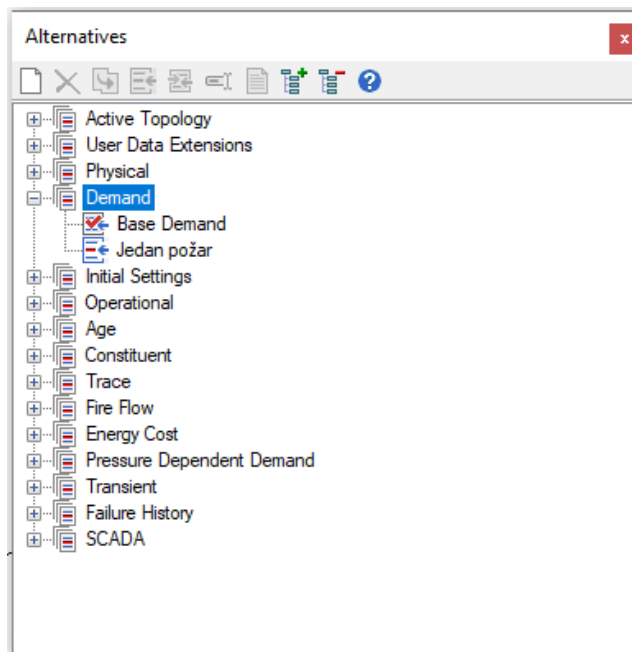
Slika 39: Uzdužni profil dionice Vodosprema - C-IND – Varijanta 1

Kao što je ranije spomenuto u WaterCAD V8i računalnom programu moguće je kreirati različite scenarije za 15 različitih alternativa. Svaki stvoreni scenarij ima svoje podatke i zahtjeve čime je moguće uspoređivati različite scenarije i pronaći optimalno rješenje. Na slici 40. prikazane su



## Tedi Cvečić, Idejno rješenje sanacije i proširenja vodoopskrbnog sustava naselja Čepić primjenom WaterCAD V8i računalnog programa

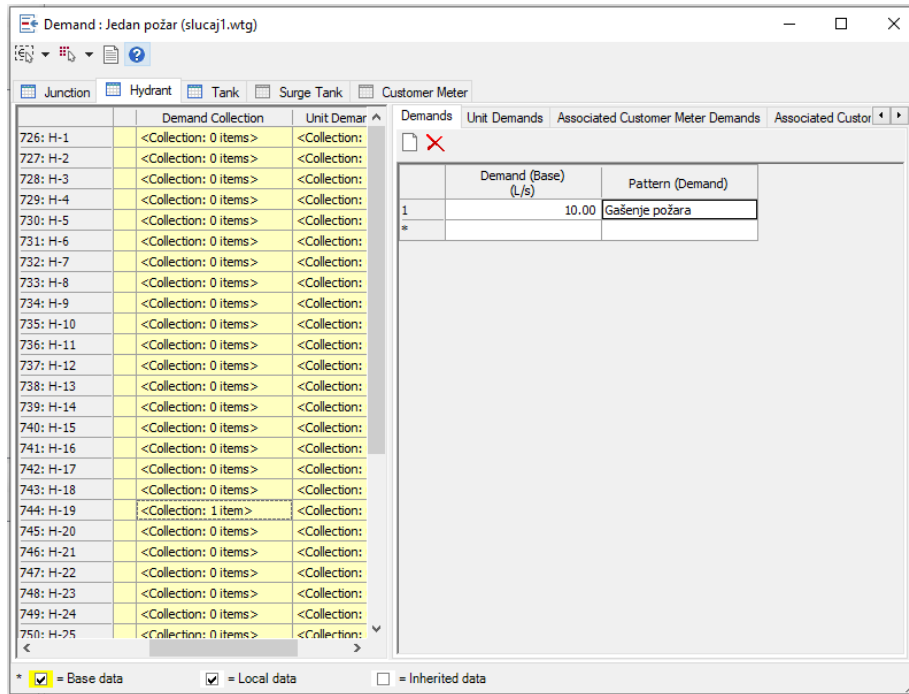
alternative za koje je moguće stvoriti različite scenarije, njima se pristupa u izborniku “*Analysis*” pod opcijom “*Alternatives*”.



Slika 40: Prikaz alternativa u WaterCAD V8i računalnom programu

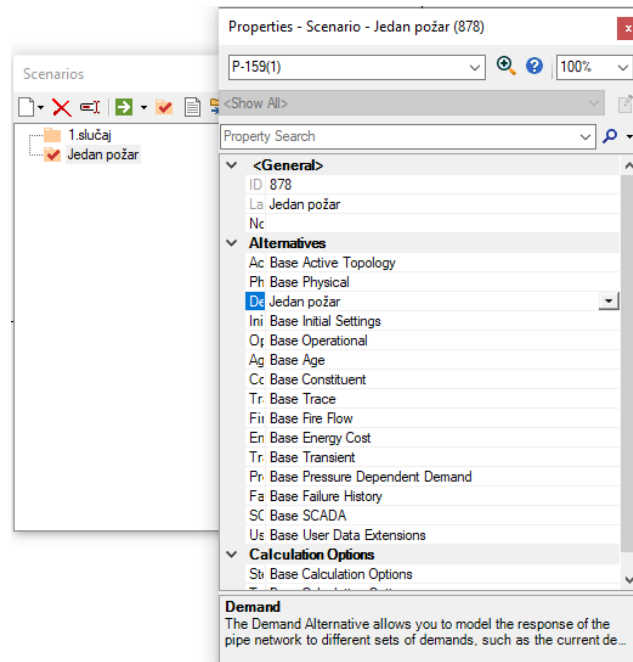
Unutar ovog diplomskog rada stvorit će se novi scenarij za slučaj jednog požara. Potrošnja vode za gašenje požara prethodno je definirana u Poglavlju 3.8., za stanovništvo ona iznosi 10 l/s, a za industriju 20 l/s. Požar će se simulirati za hidrant H-19, u vrijeme najveće potrošnje vode od 6 do 7 h. Na slici 41. prikazano je definiranje potrošnje vode za hidrant H-19.

# Tedi Cvečić, Idejno rješenje sanacije i proširenja vodoopskrbnog sustava naselja Čepić primjenom WaterCAD V8i računalnog programa



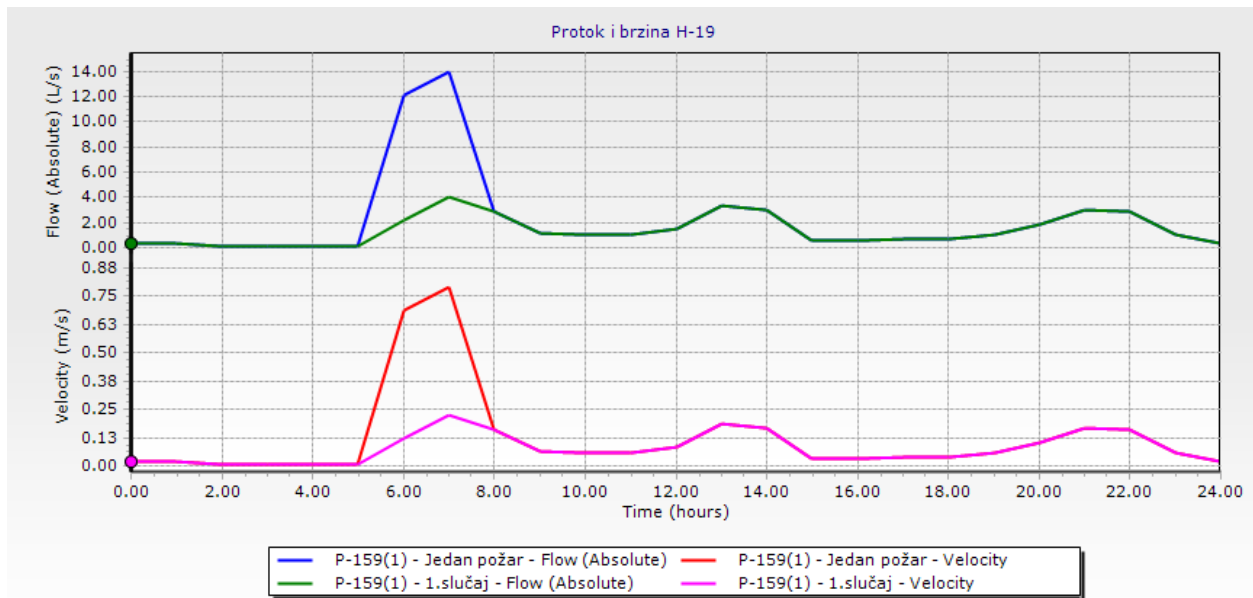
Slika 41: Definiiranje potrošnje vode za hidrant H-19 u slučaju požara

Kako bi se mogao analizirati požar potrebno je definirati scenarij, u izborniku “Analysis” odabire se “Scenarios” gdje se definira novi scenarij. U postavkama novog scenarija pod “Demand” novokreirana alternativa za jedan požar prema slici 42.



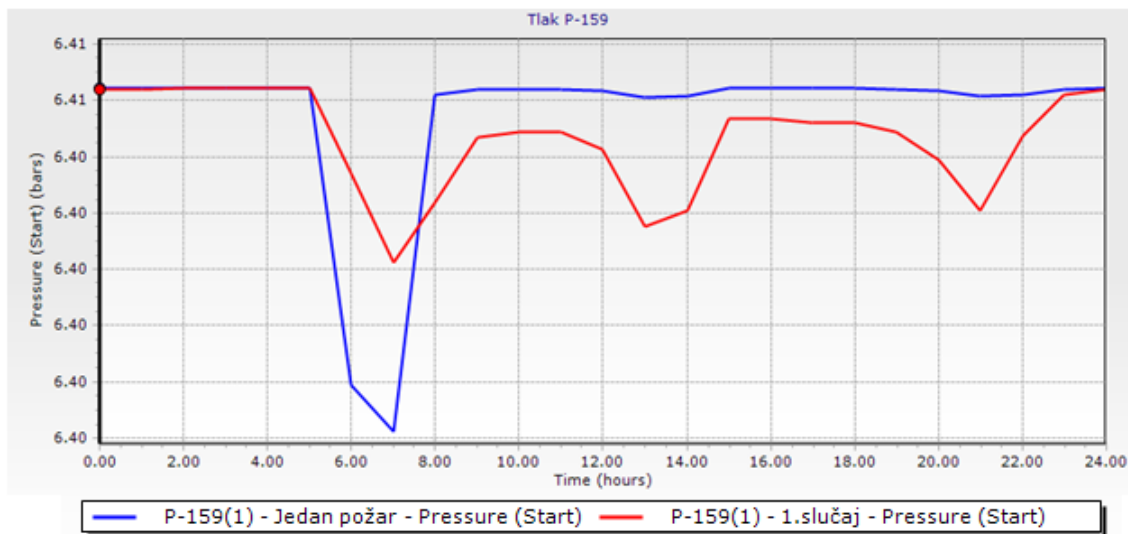
Slika 42: Definiiranje novog scenarija u slučaju požara

Kada dođe do požara na dionicama od vodospreme do hidranta H-19 doći će do promjene protoka i brzina toka vode u cjevovodima kao što je prikazano na slici 43. za dionicu P-159.



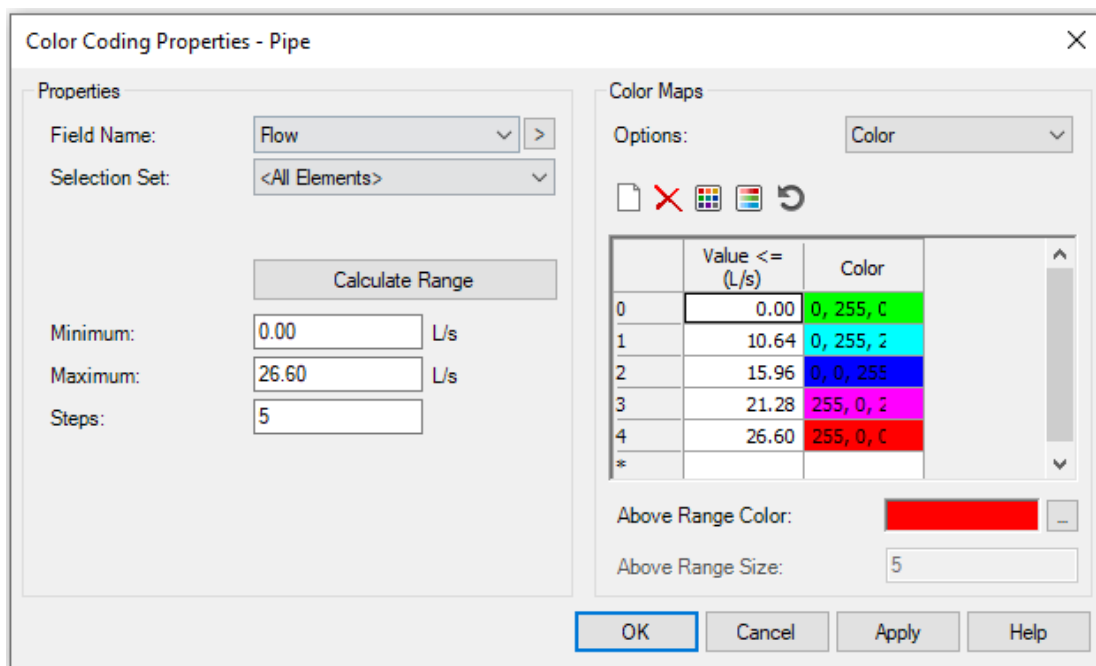
Slika 43: Dijagram protoka i brzine toka vode na dionici P-159 - Varijanta 1

Zanimljivo je i pratiti što se događa sa radnim tlakom u dionici na kojoj je smješten hidrant. Na slici 44. prikazan je radni tlak na dionici P-159 za vrijeme normalne satne potrošnje vode i za vrijeme požara. Vidljivo je da za vrijeme požara dolazi do pada radnog tlaka, što je i očekivano, no ne za značajnu vrijednost. Radni tlak se i za vrijeme požara nalazi u propisanim granicama.



Slika 44: Promjena radnog tlaka na dionici P-159 za vrijeme požara – Varijanta 1

WaterCAD 8Vi osim prikaza rezultata hidrauličkog proračuna u tabličnom prikazu omogućuje i prikaz rezultata analize bojama, što omogućuje jasan prikaz promjena fizikalnih veličina. U izborniku “View” odabere se naredba “Symbology”, u novootvorenom prozoru označi se jedan od elemenata (u ovom slučaju “Pipe”), te se pod “New” odabere “Color Coding”. Pod “Field Name” odabire se željena fizikalna veličina, a pod “Calculate Range” odabire se “Full Range”. Klikom na “Initialize” program sam zadaje raspone vrijednosti i pripadajuće boje. Njih je također moguće samostalno podešavati. Na slici 45. prikazan je postupak definiranja “Color Coding” prikaza rezultata za vizualizaciju varijabilnosti protoka unutar vodoopskrbnog sustava.

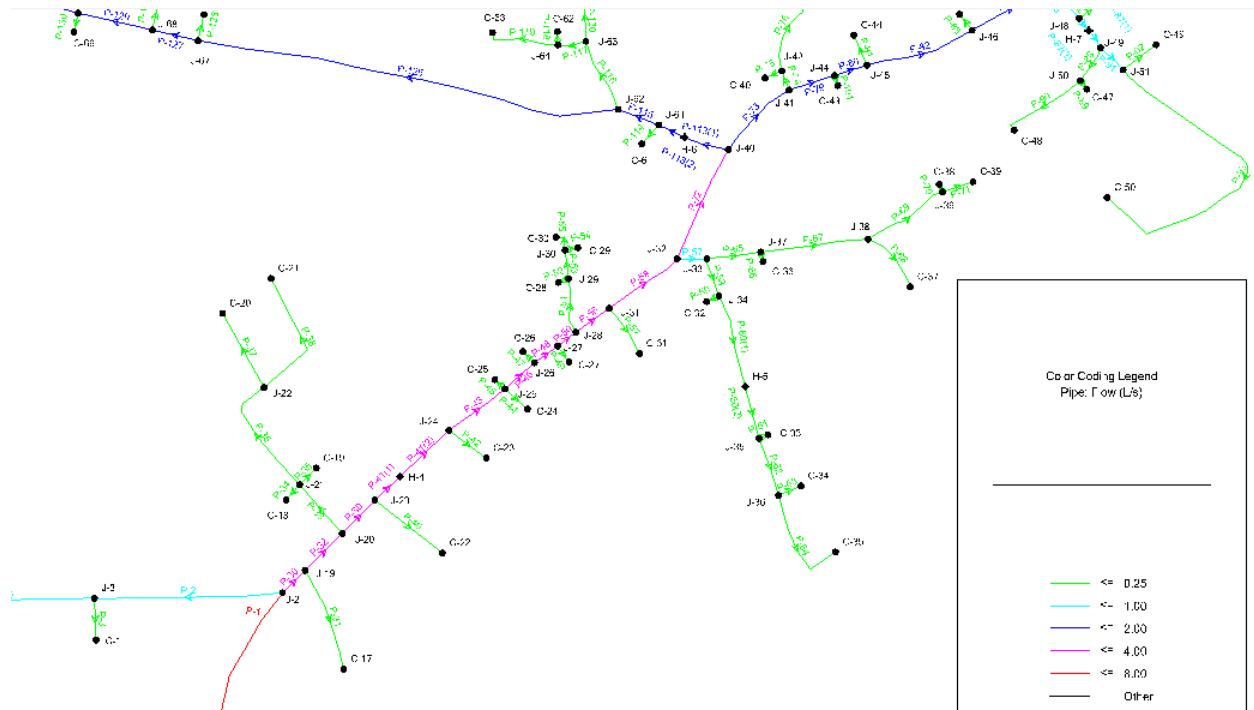


Slika 45: Postupak definiranja “Color Coding” prikaza vizualizaciju promjene protoka unutar vodoopskrbnog sustava

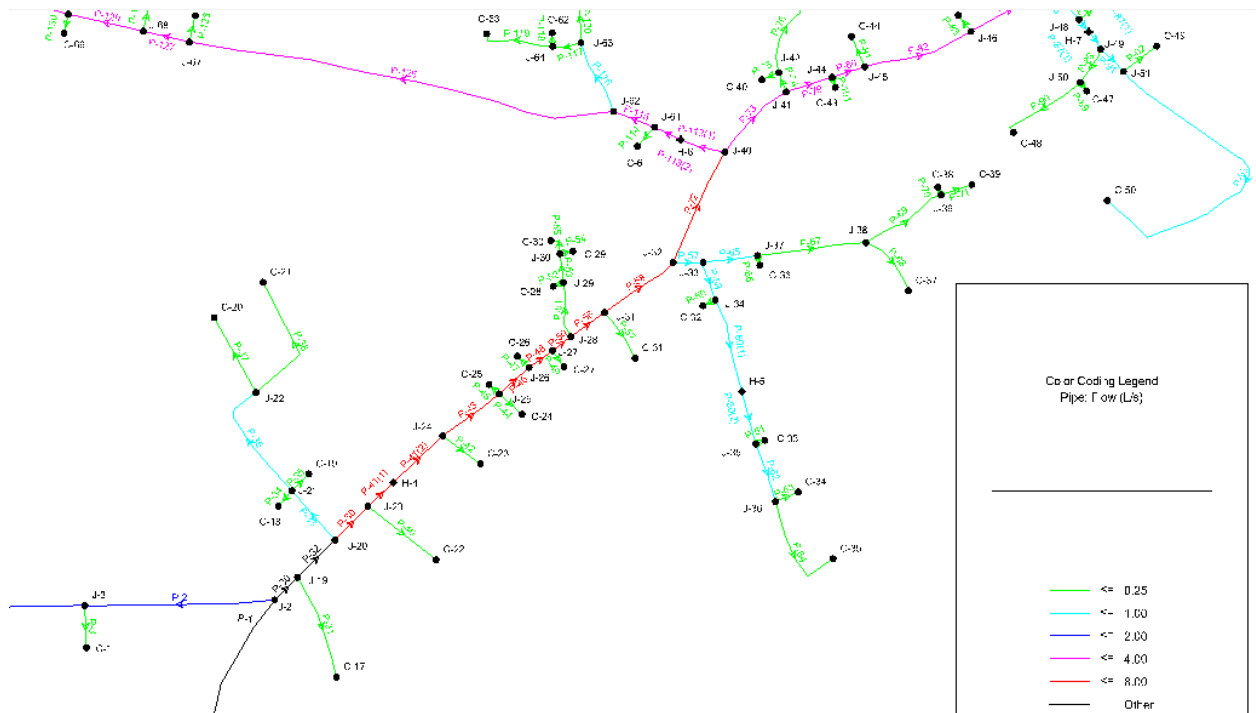
Na slikama 46., 47., 48., uz pomoću “Color Coding” opcije prikazane su promjene u protocima, brzinama toka vode i radnim tlakovima unutar vodoopskrbnog sustava. Analize su izvršene za vrijeme najveće satne potrošnje vode, u 7 h ujutro, te za vrijeme potrošnje vode koja je upola manja od maksimalne potrošnje vode, u 20 h navečer. Vrijeme minimalne potrošnje vode nije analizirano, jer bi sve promatrane vrijednosti za to vrijeme bile u najdonjoj skupini unutar legende (jednobojni prikaz promjene fizikalne veličine).

Tedi Cvečić, Idejno rješenje sanacije i proširenja vodoopskrbnog sustava naselja Čepić primjenom WaterCAD V8i računalnog programa

a)



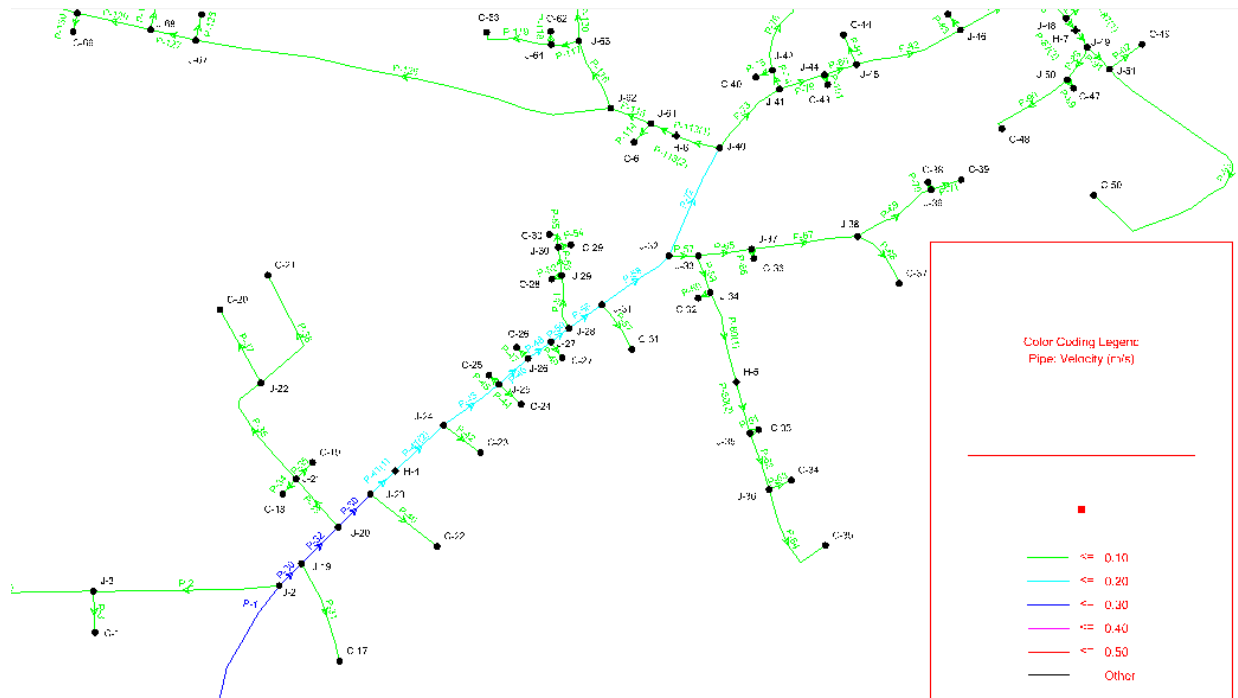
b)



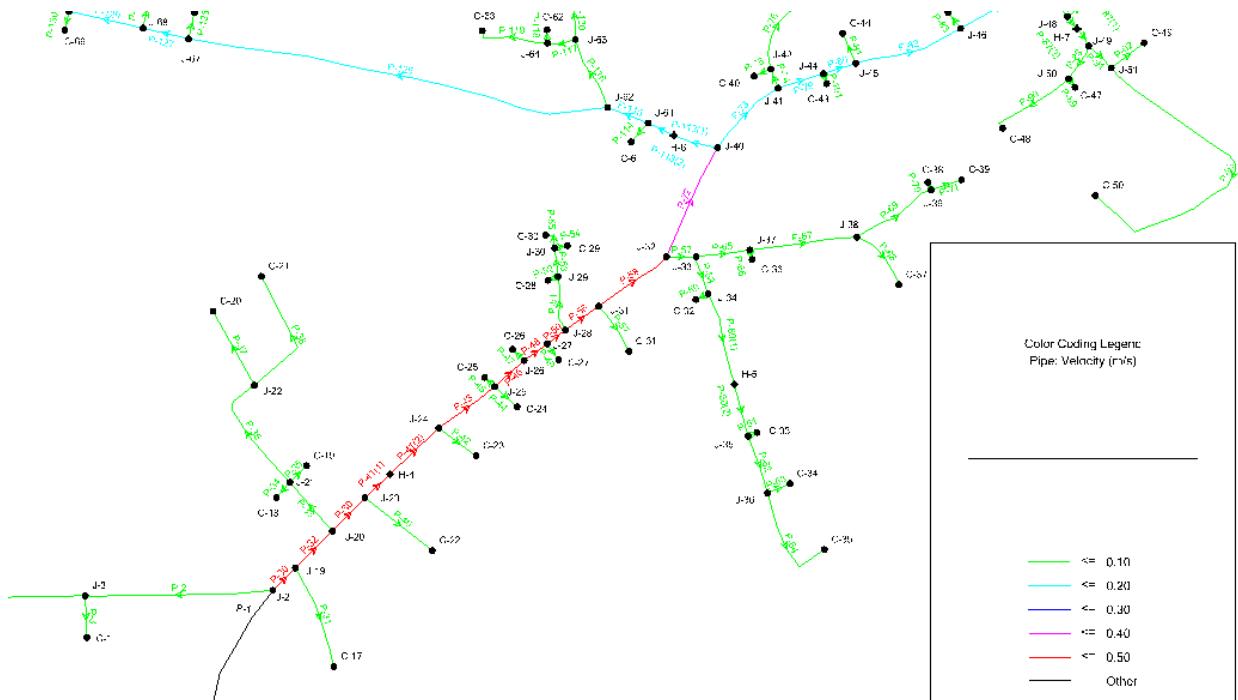
Slika 46: Prikaz promjene protoka pomoću “Color Coding” opcije, a) - za vrijeme potrošnje vode upola manje od maksimalne satne potrošnje vode (20 h), b) – za vrijeme maksimalne satne potrošnje vode (7 h)

# Tedi Cvečić, Idejno rješenje sanacije i proširenja vodoopskrbnog sustava naselja Čepić primjenom WaterCAD V8i računalnog programa

a)



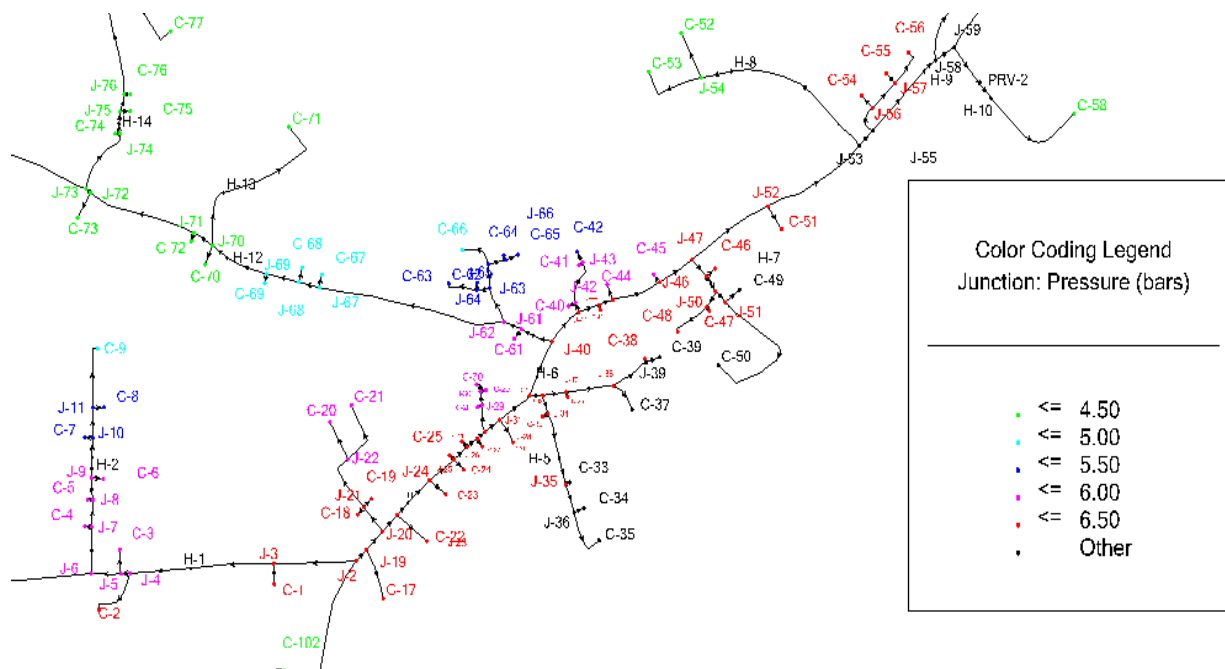
b)



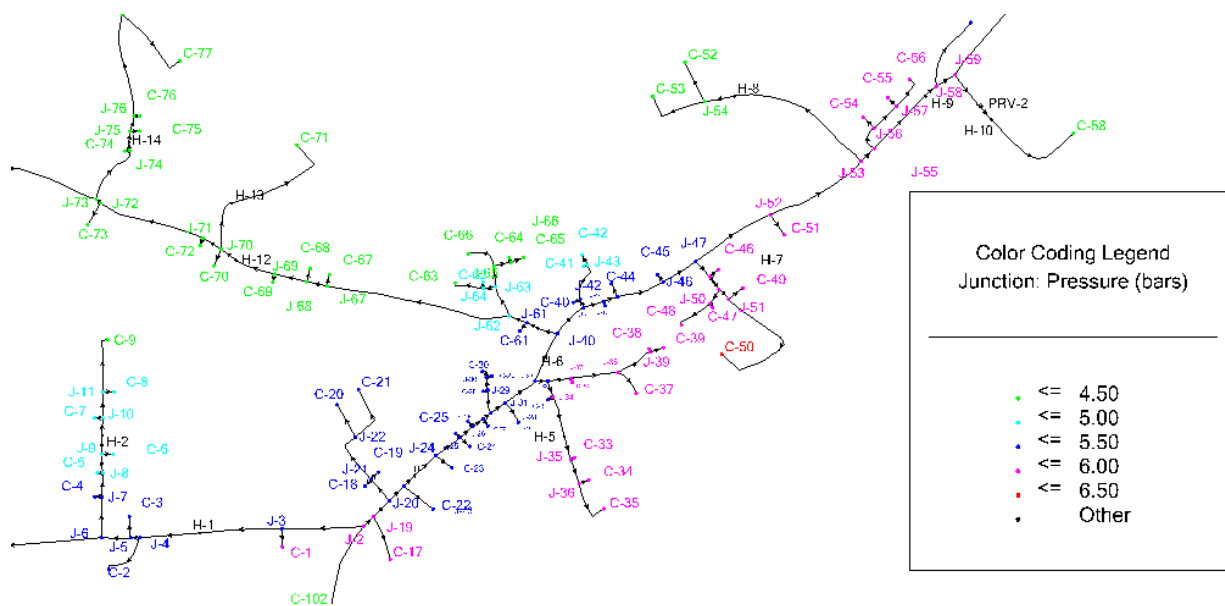
Slika 47: Prikaz promjene brzina toka vode pomoću “Color Coding” opcije, a) - za vrijeme potrošnje vode upola manje od maksimalne satne potrošnje vode (20 h), b) – za vrijeme maksimalne satne potrošnje vode (7 h)

Tedi Cvečić, Idejno rješenje sanacije i proširenja vodoopskrbnog sustava naselja Čepić primjenom WaterCAD V8i računalnog programa

a)



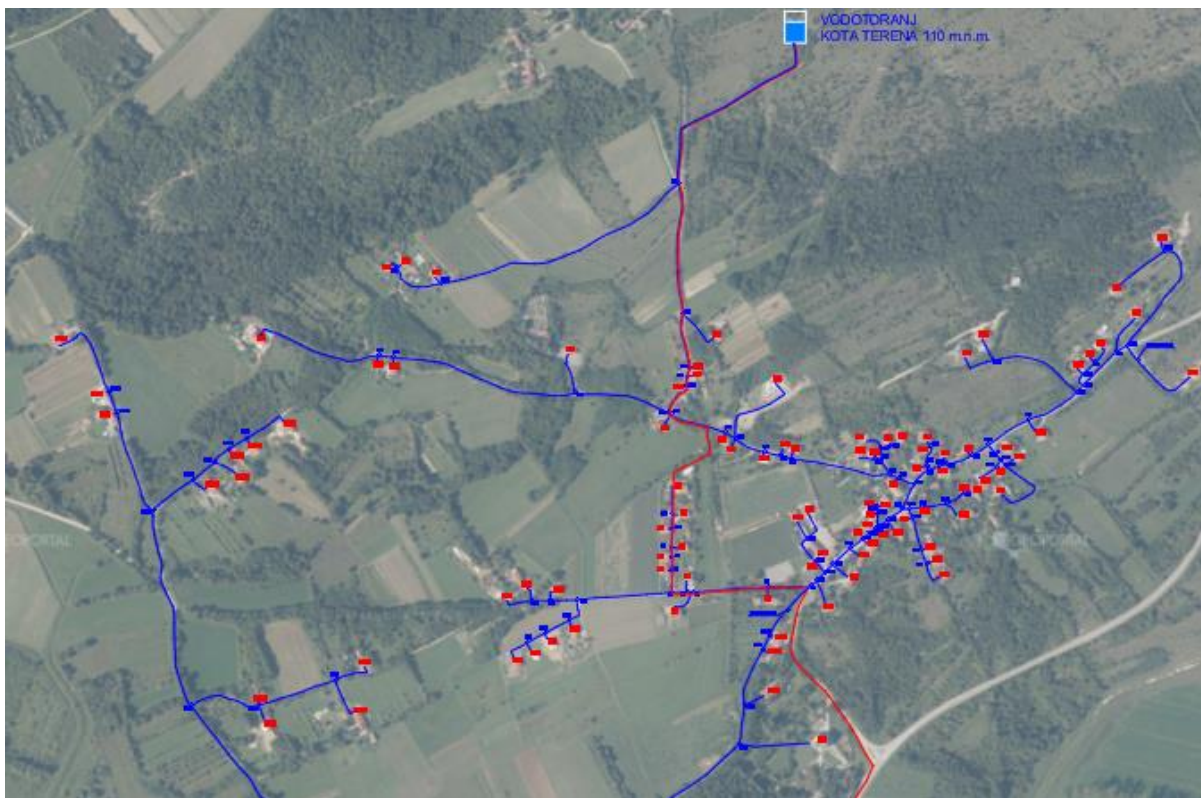
b)



Slika 48: Prikaz promjene radnih tlakova pomoću “Color Coding” opcije, a) - za vrijeme potrošnje vode upola manje od maksimalne satne potrošnje (20 h), b) – za vrijeme maksimalne satne potrošnje vode (7 h)

## 8.2. Varijanta 2

Za slučaj Varijante 2 vodosprema se nalazi u naselju Čepić, a izvedena je kao vodotoranj zbog nedovoljne visinske razlike u odnosu na potrošače. Vodotoranj je smješten na koti terena od 110 m n.m., dno vodospreme nalazi se na 119 m.n.m. Minimalna razine vode iznosi 1 m, odnosno 120 m n.m. Početna razina vode u vodospremi jednaka je 5 m, odnosno 124 m n.m., maksimalna razina vode u vodospremi iznosi 6 m, odnosno 125 m n.m. Projektirani volumen vodospreme iznosi 1000 m<sup>3</sup>, a predviđen je cilindrični oblik vodospreme promjera 15 m. Izvorište se kao i u Varijanti 1 nalazi u naselju Kožljak na nadmorskoj visini od 277 m n.m. Voda do vodospreme dolazi cjevovodom dugačkim 8794 metara. Kako izvorište definirano u WaterCAD V8i programu ima neograničenu izdašnost na taj cjevovod postavljen je FCV ventil koji ograničava protok. Vodoopskrbna mreža je u odnosu na Varijantu 1 ostala gotovo ista. Izmijenjene su dvije dionice i promijenjeni su promjeri pojedinih dionica zbog drugačije dispozicije vodospreme. Cijeli vodoopskrbni sustav je kao i kod Varijante 1 u potpunosti gravitacijski. Na slici 49. prikazana je dispozicija vodospreme unutar vodoopskrbnog sustava (*Prilog 14.*).



Slika 49: Dispozicija vodospreme – Varijanta 2



Tedi Cvečić, Idejno rješenje sanacije i proširenja vodoopskrbnog sustava naselja Čepić  
primjenom WaterCAD V8i računalnog programa

Hidraulički proračun je kao i kod Varijante 1 proveden za vrijeme najveće satne potrošnje vode stanovništva, turista i industrije, između 6 i 7 h ujutro. Na slici 50. prikazane su dionice sa najvećim protocima i brzinama toka za vrijeme najveće satne potrošnje vode.

	ID	Label	Length (Scaled) (m)	Start Node	Stop Node	Diameter (mm)	Material	Flow (L/s)	Velocity (m/s)
933: P-(V-J1)	933	P-(V-J1)	313	Vodosprema ...	J-1	250.0	Ductile Iron	26.60	0.54
889: P-146(1)	889	P-146(1)	196	J-1	J-77	250.0	Ductile Iron	26.43	0.54
382: P-145	382	P-145	82	J-77	J-76	250.0	Ductile Iron	26.12	0.53
378: P-143	378	P-143	13	J-76	J-75	250.0	Ductile Iron	26.07	0.53
806: P-141(1)	806	P-141(1)	7	H-14	J-74	250.0	Ductile Iron	26.02	0.53
807: P-141(2)	807	P-141(2)	9	J-75	H-14	250.0	Ductile Iron	26.02	0.53
370: P-139	370	P-139	50	J-74	J-73	250.0	Ductile Iron	25.97	0.53
942: P-(IZV-FCV)	942	P-(IZV-FCV)	42	Izvorište	FCV-1	250.0	Ductile Iron	25.00	0.51
943: P-(FVC-V)	943	P-(FVC-V)	8,753	FCV-1	Vodosprema ...	250.0	Ductile Iron	25.00	0.51
368: P-138	368	P-138	5	J-73	J-72	200.0	Ductile Iron	24.71	0.79
364: P-136	364	P-136	87	J-72	J-71	200.0	Ductile Iron	24.62	0.78
360: P-134	360	P-134	17	J-71	J-70	200.0	Ductile Iron	24.57	0.78
800: P-131(1)	800	P-131(1)	33	H-12	J-69	200.0	Ductile Iron	23.88	0.76
801: P-131(2)	801	P-131(2)	15	J-70	H-12	200.0	Ductile Iron	23.88	0.76
350: P-129	350	P-129	26	J-69	J-68	200.0	Ductile Iron	23.83	0.76
346: P-127	346	P-127	16	J-68	J-67	200.0	Ductile Iron	23.78	0.76
342: P-125	342	P-125	148	J-67	J-62	200.0	Ductile Iron	23.73	0.76
320: P-115	320	P-115	15	J-62	J-61	200.0	Ductile Iron	23.35	0.74

Slika 50: Tablični prikaz dionica sa najvećim protocima i brzinama toka za vrijeme najveće satne potrošnje vode – Varijanta 2

Najveći protok javlja se na dionici između vodospreme i čvora 1, te on iznosi 26,6 l/s. Ta vrijednosti odgovara vrijednosti dobivenoj u ručno izrađenom hidrauličkom proračunu koji je prikazan u *Prilogu 4.*, te također odgovara vrijednosti iz proračuna Varijante 1, jer se potrošači nisu mijenjali. Najveća brzina toka vode iznosi 0,79 m/s, što je manje od 2 m/s kada mogu nastati turbulencije i oštećenja cijevi. U proračunima se favorizira brzina od 1 m/s, jer su tada pogonski troškovi vodoopskrbnog sustava najmanji. Minimalne brzine toka vode u vodoopskrbnom sustavu iznose i do 0,01 m/s. One se javljaju na kratkim dionicama od zadnjeg čvora do krajnjeg potrošača.

Kao i kod Varijante 1 i u ovoj varijanti zbog velike varijacije u nadmorskim visinama potrošača koristila su se 2 reducir ventila koji spuštaju radni tlak unutar dozvoljenih granica. Na slici 51. i 52. prikazani su maksimalni, odnosno minimalni radni tlakovi u vodoopskrbnom sustavu za lijevano-željezne cijevi koeficijenta hrapavosti od 130 prema Hazen-Wiliams kriteriju. Svi radni tlakovi nalaze se u dopuštenim granicama.

Tedi Cvečić, Idejno rješenje sanacije i proširenja vodoopskrbnog sustava naselja Čepić primjenom WaterCAD V8i računalnog programa

Najveći radni tlak u mreži javlja se na potrošaču C84, te iznosi 6,24 bara. U ovom slučaju ne javlja se problem kao u Varijanti 1 gdje jedan potrošač ima tlak veći od maksimalno dopuštenog radnog tlaka. Najmanji radni tlak u mreži javlja se na potrošaču C77, te iznosi 3,13 bara. Kod Varijante 1 najmanji radni tlak je također bio na potrošaču C77, no tada je iznosio 2,81 bara.

	ID	Label	Elevation (m)	Demand (L/s)	Hydraulic Grade (m)	Pressure (bars) ▼
408: C-84	408	C-84	60.00	0.88	123.78	6.24
410: J-83*	410	J-83*	23.00	0.00	86.58	6.22
412: C-KAMP	412	C-KAMP	23.00	4.00	86.55	6.22
275: C-50	275	C-50	59.00	0.54	122.49	6.21
140: C-13	140	C-13	59.00	0.17	122.03	6.17
216: C-37	216	C-37	60.00	0.11	122.43	6.11
222: C-39	222	C-39	60.00	0.05	122.43	6.11
202: J-36	202	J-36	60.00	0.05	122.43	6.11
204: C-34	204	C-34	60.00	0.05	122.43	6.11
206: C-35	206	C-35	60.00	0.18	122.43	6.11
273: C-49	273	C-49	61.00	0.07	122.49	6.02
281: J-53	281	J-53	61.00	0.00	122.47	6.02

Slika 51: Maksimalni radni tlakovi u mreži za lijevano-željezne cijevi – Varijanta 2

	ID	Label	Elevation (m)	Demand (L/s)	Hydraulic Grade (m)	Pressure (bars) ▲
383: C-77	383	C-77	92.00	0.31	124.01	3.13
381: J-77	381	J-77	92.00	0.00	124.01	3.13
357: C-71	357	C-71	91.00	0.62	123.43	3.17
377: J-76	377	J-76	91.00	0.00	123.91	3.22
379: C-76	379	C-76	91.00	0.05	123.91	3.22
488: J-103	488	J-103	57.00	0.00	90.20	3.25
492: C-102	492	C-102	57.00	0.13	90.24	3.25
879: J-103*	879	J-103*	57.00	0.00	90.24	3.25
373: J-75	373	J-75	90.00	0.00	123.89	3.32
375: C-75	375	C-75	90.00	0.05	123.89	3.32
490: C-101	490	C-101	56.00	0.05	90.20	3.35
888: J-1	888	J-1	89.68	0.00	124.27	3.39

Slika 52: Minimalni radni tlakovi u mreži za lijevano-željezne cijevi – Varijanta 2

Na slici 53. i 54. prikazani su maksimalni radni tlakovi za vrijeme najveće satne potrošnje vode za čelične i PVC cijevi. Za čelične cijevi korišten je koeficijent hrapavosti od 140 prema Hazen-Wiliams kriteriju, dok je za PVC cijevi taj koeficijent iznosio 150. Upotrebom čeličnih cijevi dobiveni radni tlakovi malo su veći nego za lijevano-željezne cijevi. Kreću se od 6,27 do 3,14 bara.

Tedi Cvečić, Idejno rješenje sanacije i proširenja vodoopskrbnog sustava naselja Čepić primjenom WaterCAD V8i računalnog programa

Upotrebom PVC cijevi dobiveni radni tlakovi malo su veći u odnosu na čelične cijevi, kreću se od 6,31 do 3,15 bara, no to je i očekivano jer je kod PVC cijevi koeficijent hrapavosti najveći.

	ID	Label	Elevation (m)	Demand (L/s)	Hydraulic Grade (m)	Pressure (bars)
410: J-83*	410	J-83*	23.00	0.00	87.06	6.27
412: C-KAMP	412	C-KAMP	23.00	4.00	87.03	6.27
408: C-84	408	C-84	60.00	0.88	123.90	6.25
275: C-50	275	C-50	59.00	0.54	122.77	6.24
140: C-13	140	C-13	59.00	0.17	122.37	6.20
216: C-37	216	C-37	60.00	0.11	122.72	6.14
222: C-39	222	C-39	60.00	0.05	122.72	6.14
202: J-36	202	J-36	60.00	0.05	122.72	6.14
204: C-34	204	C-34	60.00	0.05	122.72	6.14
206: C-35	206	C-35	60.00	0.18	122.72	6.14
273: C-49	273	C-49	61.00	0.07	122.78	6.05
281: J-53	281	J-53	61.00	0.00	122.76	6.04

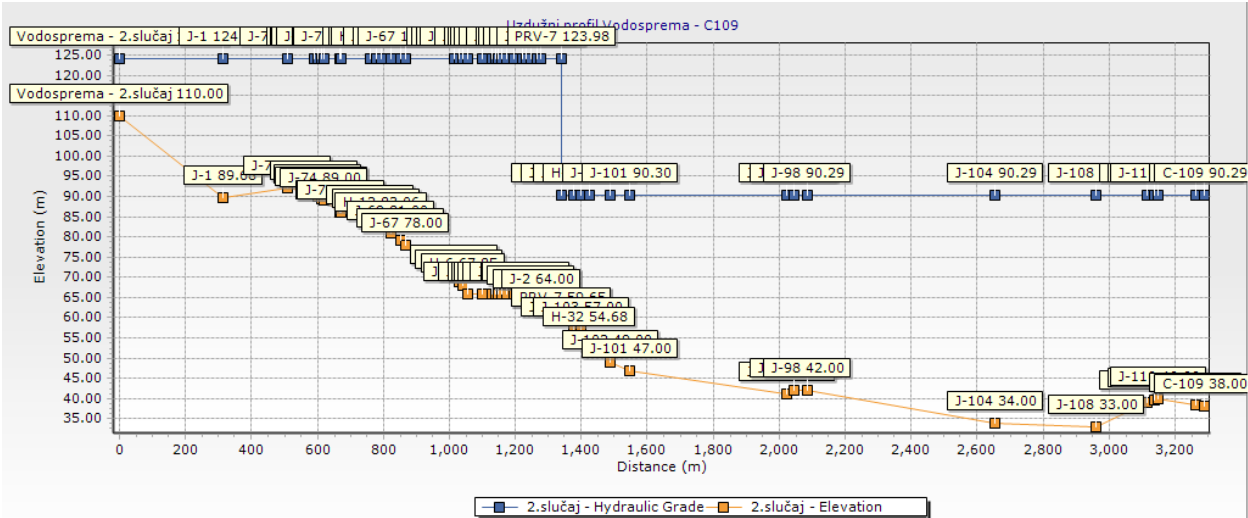
Slika 53: Maksimalni radni tlakovi u mreži za čelične cijevi – Varijanta 2

	ID	Label	Elevation (m)	Demand (L/s)	Hydraulic Grade (m)	Pressure (bars)
410: J-83*	410	J-83*	23.00	0.00	87.45	6.31
412: C-KAMP	412	C-KAMP	23.00	4.00	87.42	6.30
275: C-50	275	C-50	59.00	0.54	123.00	6.26
408: C-84	408	C-84	60.00	0.88	123.99	6.26
140: C-13	140	C-13	59.00	0.17	122.65	6.23
216: C-37	216	C-37	60.00	0.11	122.96	6.16
222: C-39	222	C-39	60.00	0.05	122.96	6.16
202: J-36	202	J-36	60.00	0.05	122.96	6.16
204: C-34	204	C-34	60.00	0.05	122.96	6.16
206: C-35	206	C-35	60.00	0.18	122.96	6.16
273: C-49	273	C-49	61.00	0.07	123.01	6.07
281: J-53	281	J-53	61.00	0.00	122.99	6.07

Slika 54: Maksimalni radni tlakovi u mreži za PVC cijevi – Varijanta 2

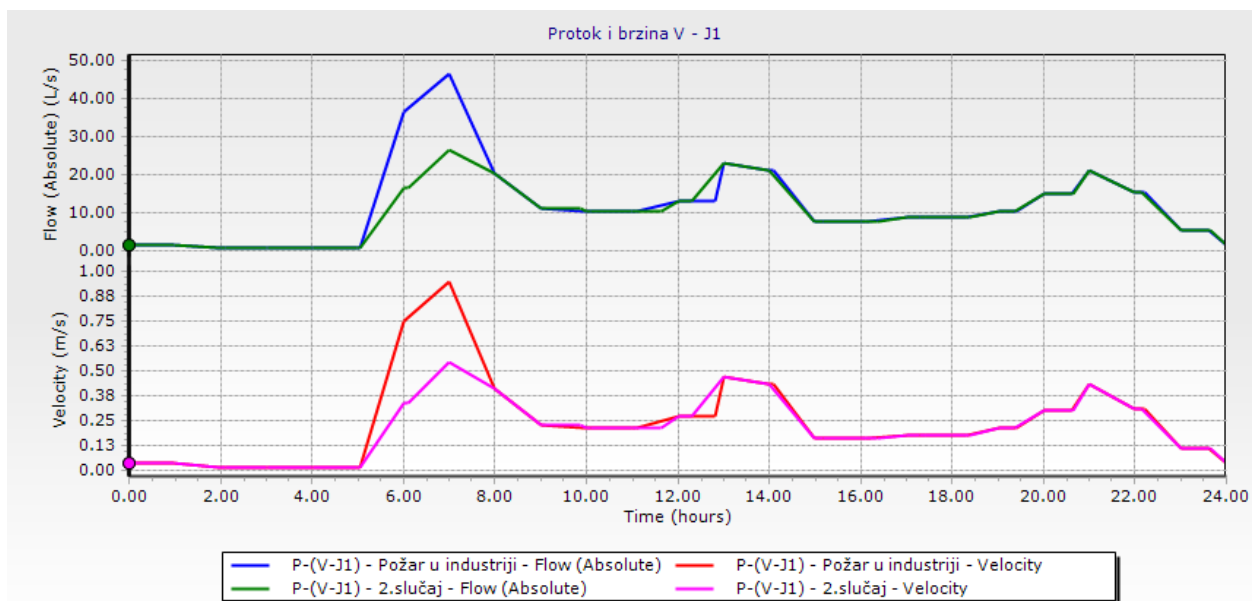
Na slici 55. prikazan je uzdužni profil od Vodospreme do krajnjeg potrošača C-109. Na profilu se jasno može uočiti pad piezometarske linije uzrokovan reducir ventilom.

## Tedi Cvečić, Idejno rješenje sanacije i proširenja vodoopskrbnog sustava naselja Čepić primjenom WaterCAD V8i računalnog programa



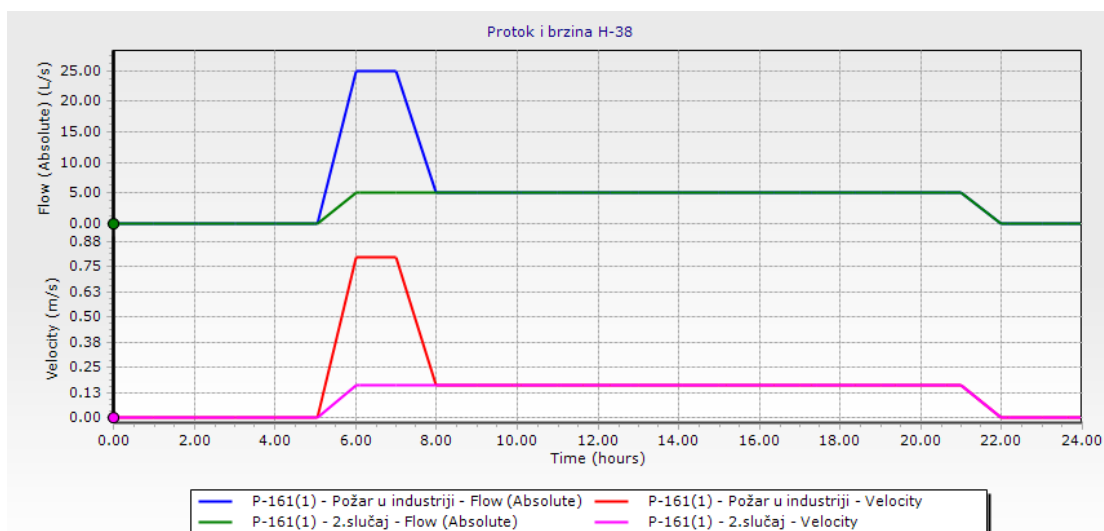
Slika 55: Uzdužni profil dionice Vodosprema - C-109 – Varijanta 2

U sklopu ovog modela simulirat će se požar u industriji za vrijeme najveće potrošnje vode, od 6 do 7 h ujutro. Potrošnja vode za gašenje požara definirana je u Poglavlju 3.8., te ona iznosi 20 l/s. Požar će se simulirati za hidrant H-38, koji se nalazi u sklopu industrije. Na slici 56. prikazani su protoci i brzine toka vode na dionici od Vodospreme do čvora J1. Za vrijeme požara protok se gotovo udvostruči, sa 26,6 l/s na 46,6 l/s, dok se brzina toka poveća sa 0,54 m/s na 0,92 m/s što je i dalje unutar dopuštenih granica.



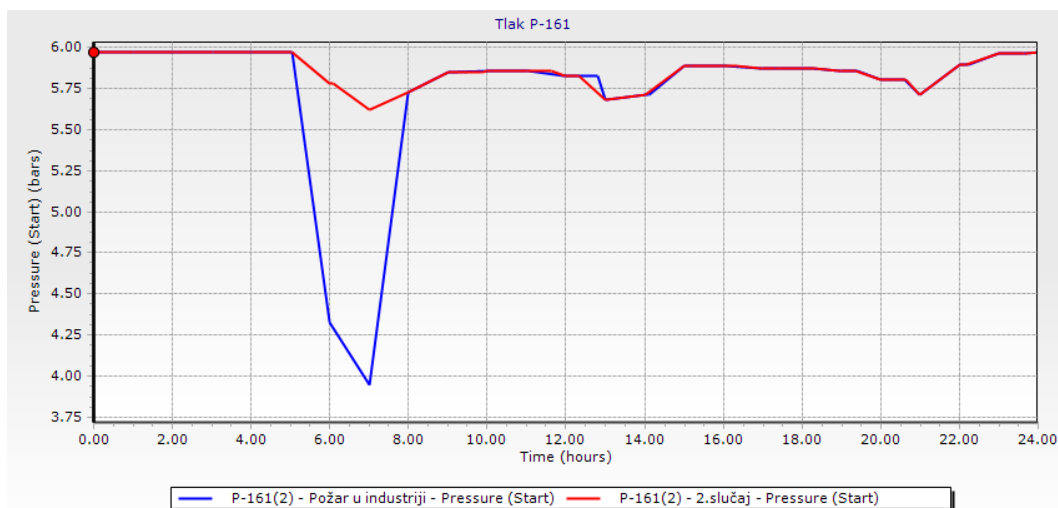
Slika 56: Dijagram protoka i brzina toka vode na dionici Vodosprema - C-109 – Varijanta 2

Na slici 57. prikazan je skok u protoku i brzini toka vode za dionicu P-169 na kojoj se nalazi hidrant H-38.



Slika 57: Dijagram protoka i brzina toka vode na dionici P-169 – Varijanta 2

Na slici 58. prikazan je radni tlak na dionici P-169 za vrijeme normalnog rada industrije i za vrijeme požara. Vidljivo je da za vrijeme požara dolazi do značajnog pada radnog tlaka, za više od 2 bara, no radni tlak se i za vrijeme požara nalazi u propisanim granicama.



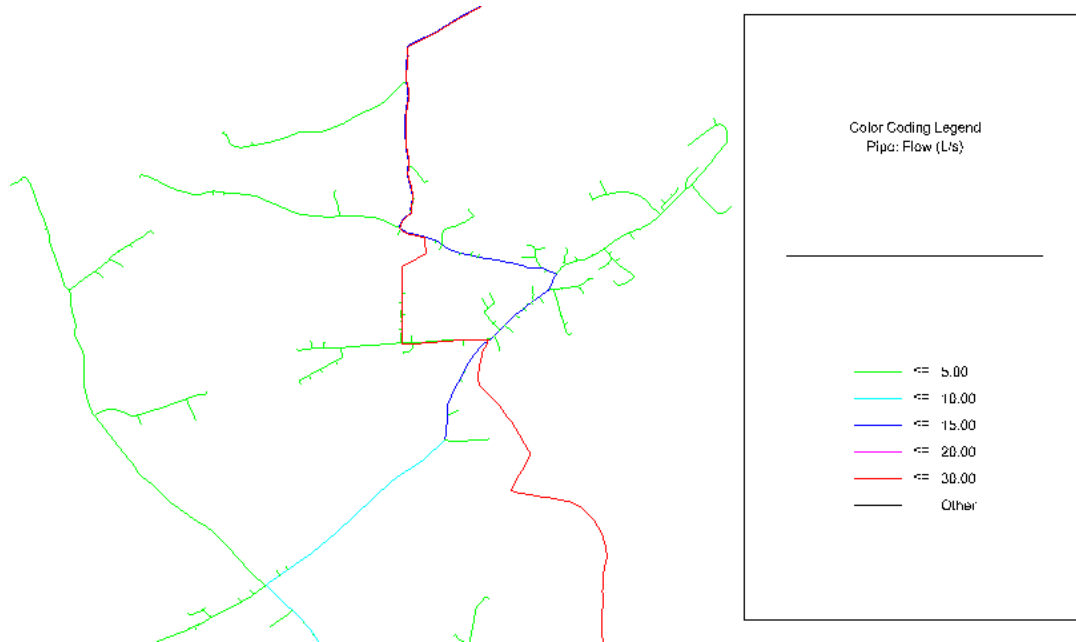
Slika 58: Prikaz promjene radnog tlaka na dionici P-169 za vrijeme požara – Varijanta 2

Na slikama 59., 60., 61., uz pomoću “Color Coding” opcije prikazane su promjene u protocima, brzinama toka vode i radnim tlakovima unutar vodoopskrbnog sustava. Analize su izvršene za vrijeme najveće satne potrošnje vode, u 7 h ujutro, te za vrijeme potrošnje koja je upola manja od

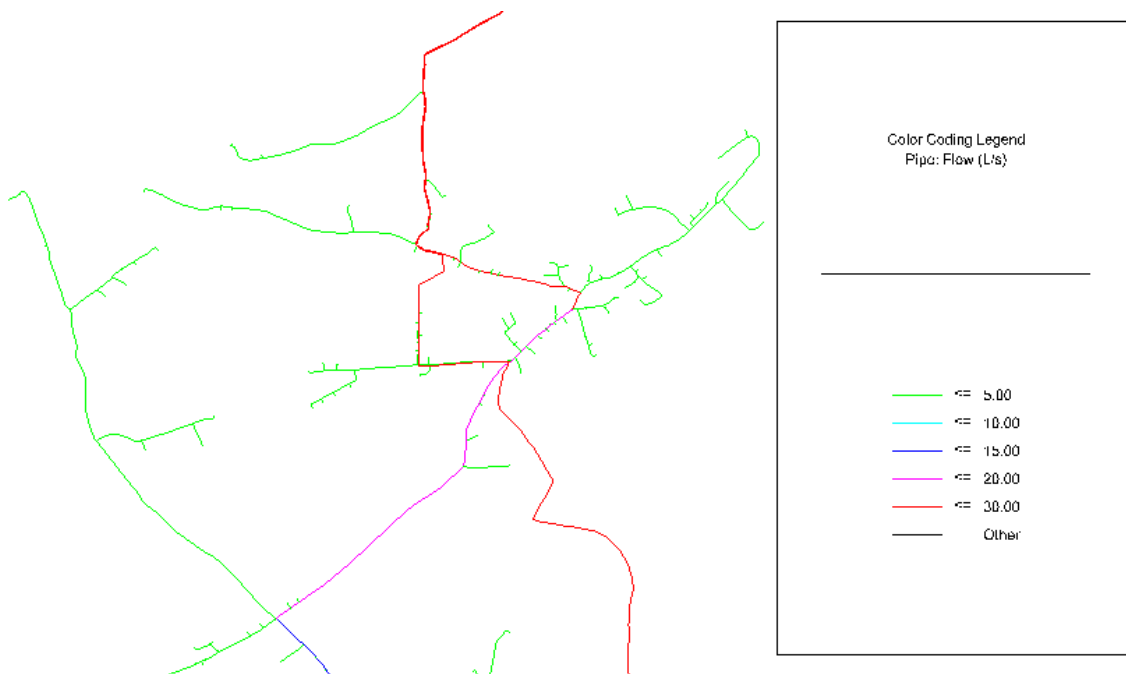
Tedi Cvečić, Idejno rješenje sanacije i proširenja vodoopskrbnog sustava naselja Čepić primjenom WaterCAD V8i računalnog programa

maksimalne potrošnje vode, u 20 h navečer. Vrijeme minimalne potrošnje vode nije analizirano, jer bi sve promatrane vrijednosti za to vrijeme bile u najdonjoj skupini unutar legende.

a)



b)



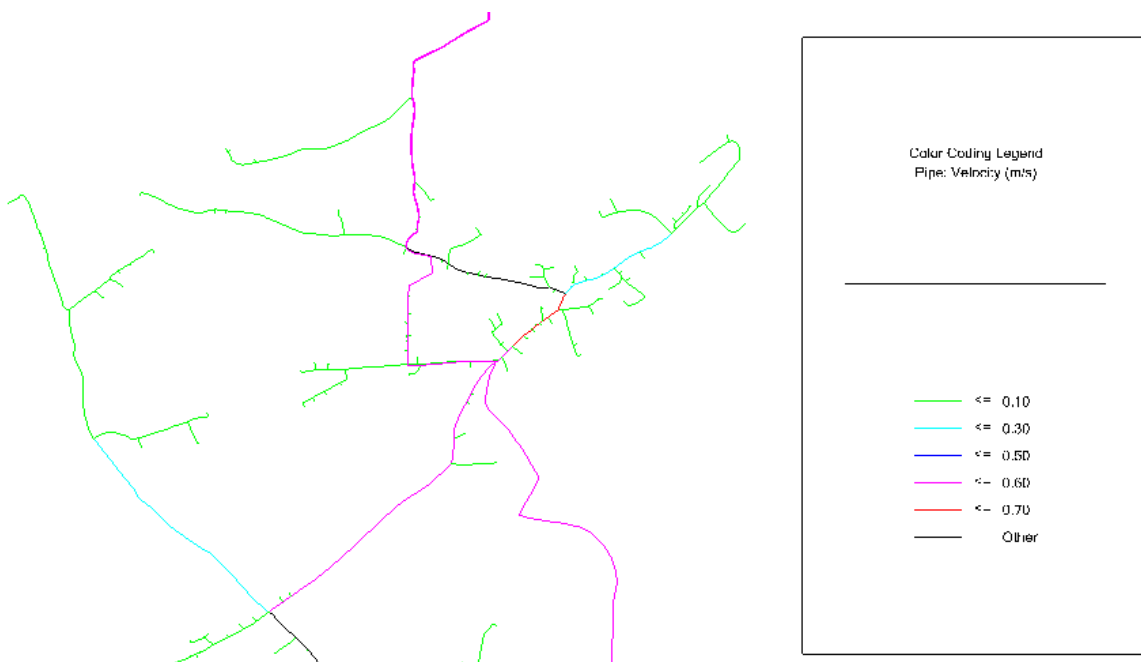
Slika 59: Prikaz promjene protoka pomoću “Color Coding” opcije, a) - za vrijeme potrošnje vode upola manje od maksimalne satne potrošnje vode (20 h), b) – za vrijeme maksimalne satne potrošnje vode (7 h)

Tedi Cvečić, Idejno rješenje sanacije i proširenja vodoopskrbnog sustava naselja Čepić primjenom WaterCAD V8i računalnog programa

a)



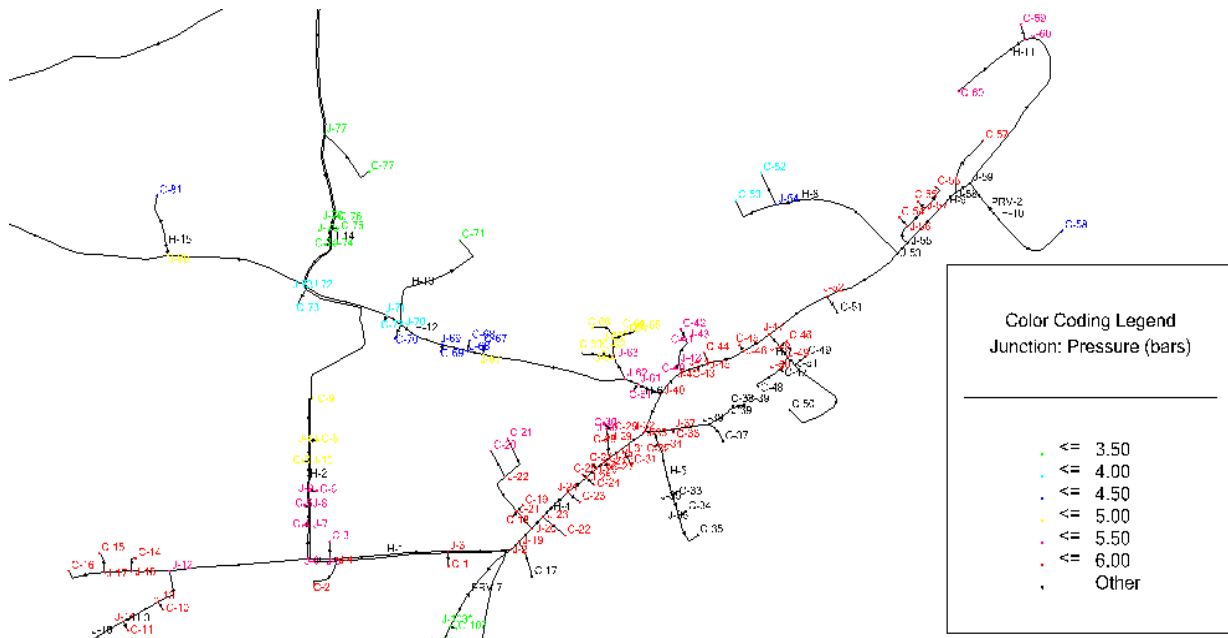
b)



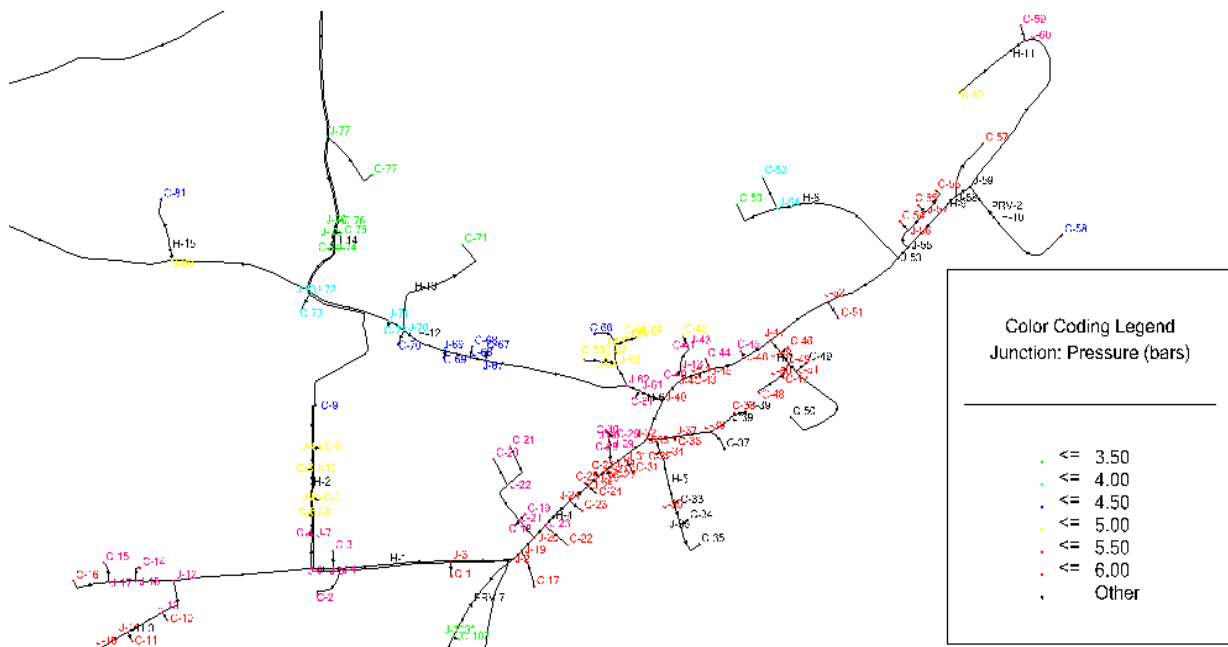
Slika 60: Prikaz promjene brzina toka pomoću “Color Coding” opcije, a) - za vrijeme potrošnje vode upola manje od maksimalne satne potrošnje vode (20 h), b) – za vrijeme maksimalne satne potrošnje vode (7 h)

a)

Tedi Cvečić, Idejno rješenje sanacije i proširenja vodoopskrbnog sustava naselja Čepić primjenom WaterCAD V8i računalnog programa



b)



Slika 61: Prikaz promjene radnih tlakova pomoću “Color Coding” opcije, a) - za vrijeme potrošnje vode upola manje od maksimalne satne potrošnje vode (20 h), b) – za vrijeme maksimalne satne potrošnje vode (7 h)



## 9. PRIMJENA URBANO HYDRA RAČUNALNOG PROGRAMA

### 9.1 Općenito o Urbano Hydra računalnom programu

Urbano Hydra je računalni program za projektiranje vodoopskrbnih sustava koji je razvila tvrtka StudioArs d.o.o. iz Matulja. Koristi se u svim fazama projektiranja, od idejnog do glavnog i izvedbenog projekta. Program omogućuje jednostavan unos ulaznih geoloških podataka i GIS-a, a nudi i alate za postavljanje trase i projektiranje nivelete cjevovoda. Urbano Hydra omogućuje izradu modela vodoopskrbnog sustava, zadavanje potreba za vodom, hidraulički proračun i optimizaciju promjera cjevovoda vodoopsrbne mreže. Mrežu je moguće analizirati kroz određeni vremenski period. Za lakšu analizu i pregled mreže moguće je filtriranje elemenata prema različitim kriterijima, grafički prikazati podatke pomoću temetskih mapa, te koristiti različite stilove prikaza i funkcija za uređivanje. Još jedna prednost programa je jednostavna izrada uzdužnih profila koje je moguće uređivati pomoću funkcija za uređivanje i stilizaciju. Kroz uzdužne profile moguće je i zadavati promjere cijevi, okna, pomicati, brisati i dodavati okna, te zadavati razne podatke kao što su vrsta rova, vrsta gornjeg sloja, zaštitna cijev, korisnički podaci [15].

Program također sadrži i napredne funkcije kao što su analiza presjeka s drugim infrastrukturama, zadavanje podataka za iskope i proračun iskopa, kreiranje i zadavanje korisničkih podataka, izvještaji raznih vrsta. U bazi podataka programa dostupni su i katalozi cijevi, okana, fazonskih komada i ostalih elemenata, no moguće je i vlastoručno dodavanje novih elemenata [13].

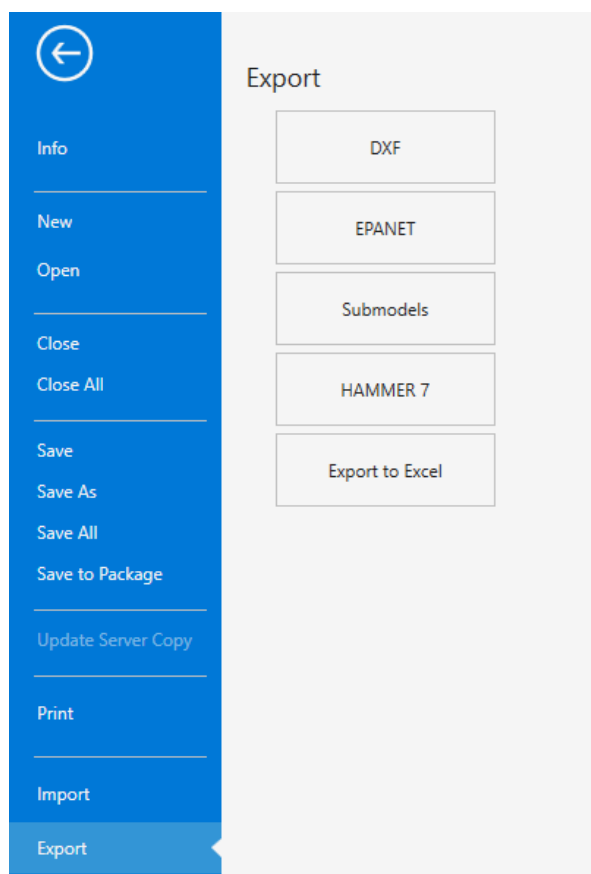
Urbano Hydra računalni program dostupan je u više jezičnih verzija, a koristi ga preko 2 000 korisnika diljem Europe. Osim Urbano Hydra računalnog programa tvrtka StudioArs d.o.o. razvija i sljedeće računalne programe [15]:

- Urbano Canalis – računalni program za projektiranje, analizu i proračun kanalizacijskih sustava
- Urbano Gasnet – računalni program za projektiranje plinovoda
- Urbano Geo – alat za upravljanje geodetskim podacima, izradu profila terena i rovova
- Urbano Polygon – alat za izradu, uređivanje i analizu poligonske topologije (parcela)

- Urbano Data – alat za uvoz i izvoz podataka prema GIS sustavima
- Urbano Raster&Vector – alaz za upravljanje podlogama u vektorskom i rasterskom formatu.

## 9.2 Dimenzioniranje vodoopskrbnog sustava u Urbano Hydra programu

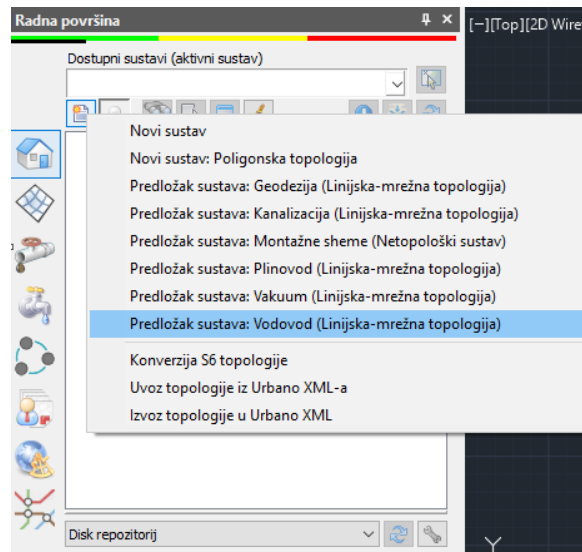
Unutar Urbano Hydra računalnog programa vodoopskrbnu mrežu moguće je ručno ucrtavati ili uvesti već nacrtanu mrežu iz nekog drugog programa. Kako je u Poglavlju 7. već izrađena vodoopskrbna mreža sa svim elementima unutar WaterCAD V8i računalnog programa, ista će se uvesti u Urbano Hydra računalni program. Oba se programa baziraju na EPANET jezgri, pa je tako WaterCAD V8i datoteku potrebno spremiti u .inp formatu. U izborniku “File” pod opcijom “Export” potrebno je odabrati “EPANET” te spremiti datoteku u formatu .inp.



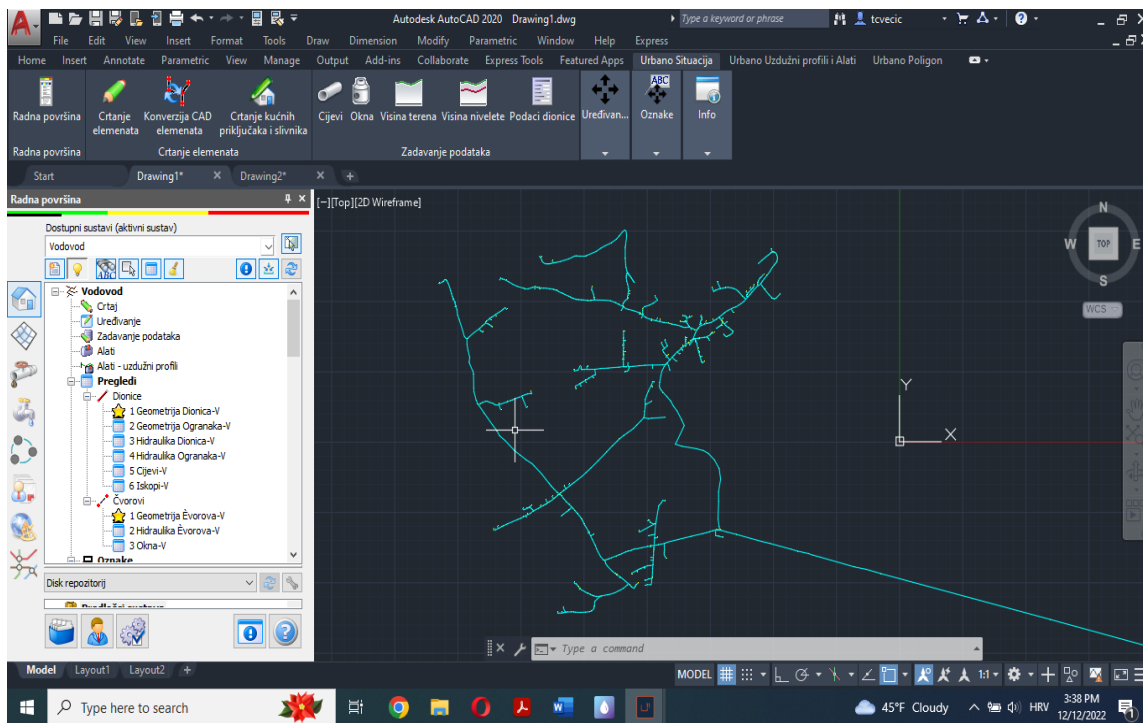
Slika 62: Spremanje WaterCAD V8i datoteke u EPANET (.inp) formatu

## Tedi Cvečić, Idejno rješenje sanacije i proširenja vodoopskrbnog sustava naselja Čepić primjenom WaterCAD V8i računalnog programa

Nakon što je WaterCAD V8i datoteka spremljena u ispravnom formatu istu je potrebno uvesti u Urbano Hydra računalni program. U izborniku “*Upravljanje sustavima*” potrebno je odabrati “*Predložak sustava: Vodovod (linijska mrežna topologija)*” kako je prikazano na slici 63. Nakon odabira predložka potrebno je uvesti .inp datoteku tako da se u komandnu liniju upiše “*ARS\_IMPORT\_INP*”. Na slici 64. prikazan je uvezeni vodoopskrbni sustav.



Slika 63: Odabir predložka unutar Urbano Hyrda računalnog programa



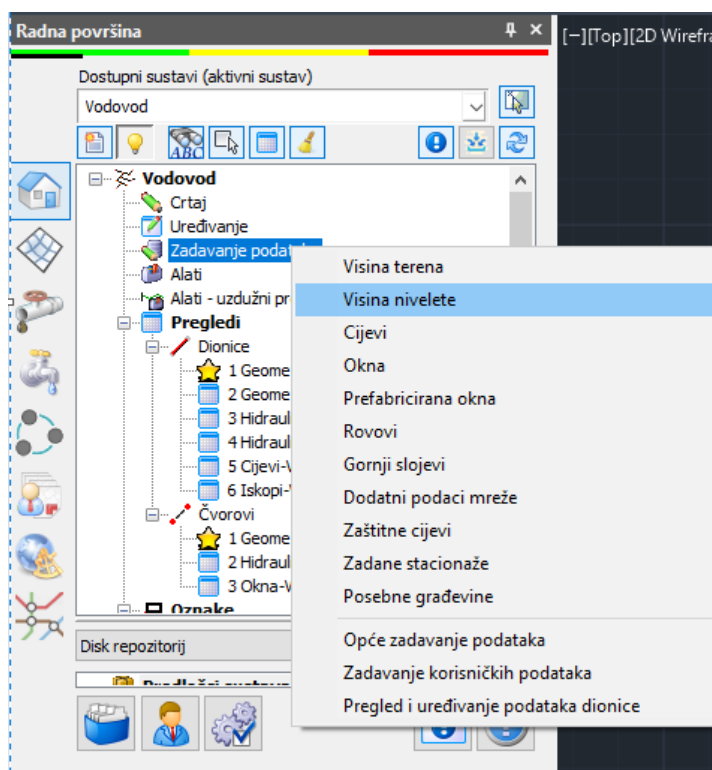
Slika 64: Uvezeni vodoopskrbni sustav iz WaterCAD V8i programa u Urbano Hydra računalni program

### 9.3 Zadavanje podataka unutar Urbano Hydra programa

Datoteka koja je uvezena iz WaterCAD V8i programa u Urbano Hydra program već sadrži sve podatke (entitete) o vodoopskrbnom sustavu. Sačuvana su sva svojstva i geometrija dionica i čvorova, potrebe za vodom, podaci o vodospremi i izvorištu. U nastavku će biti prikazano zadavanje određenih podataka unutar Urbano Hydra računalnog programa koji nisu obrađeni u WaterCAD V8i računalnom programu.

#### 9.3.1 Definiranje nivelete cijevi

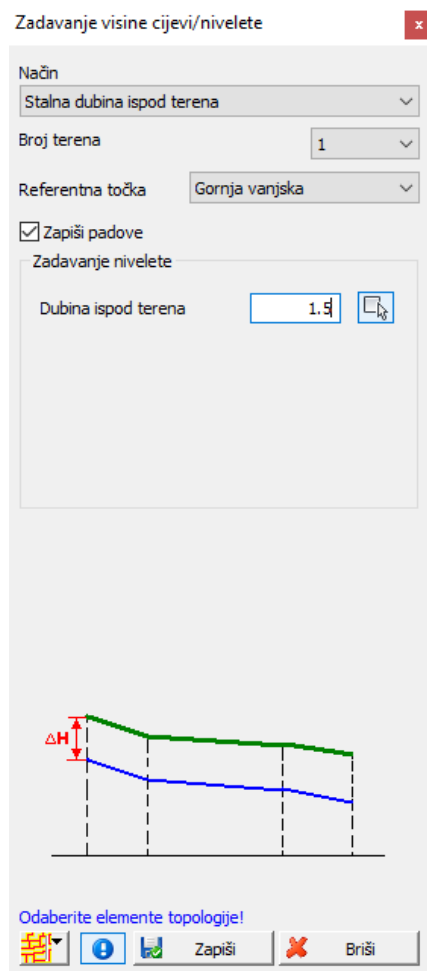
Niveleta se definira tako da se u izborniku “Vodovod” odabere “Zadavanje podataka” gdje se desnim klikom odabire “Visina nivelete”, prema slici 65.



Slika 65: Zadavanje nivelete cijevi unutar Urbano Hydra računalnog programa

U novootvorenom izborniku moguće je odabrati način zadavanja nivelete, poziciju i dubinu nivelete. Pod način odabrana je opcija “Stalna dubina ispod terena”, to znači da je udaljenost

između terena i cijevi konstantna za cijelu vodoopskrbnu mrežu. Kao referentna točka odabrana je “Gornja vanjska” čime se odabire da je gornji rub cijevi referentna točka. Cijevi se polažu na dubinu od 1,5 m ispod terena. Na kraju je u donjem lijevom kutu potrebno odabrati elemente za koje vrijede definirani parametri, u ovom slučaju “Aktivni slučaj”, te kliknuti na “zapiši”. Na slici 66. prikazane su definirane postavke.

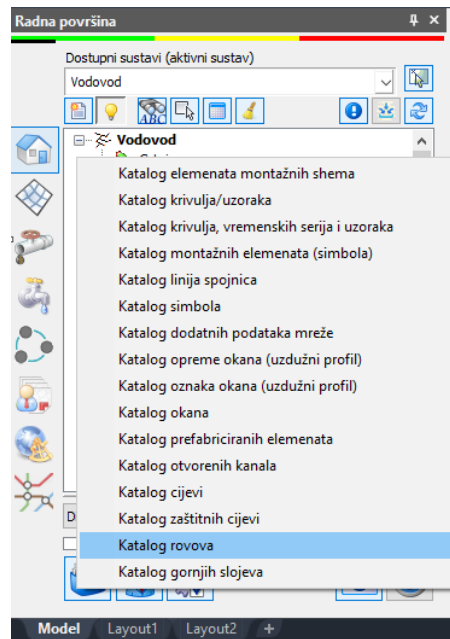


Slika 66: Definiranje postavki nivelete cijevi unutar Urbano Hydra računalnog programa

### 9.3.2 Definiranje rova cijevi

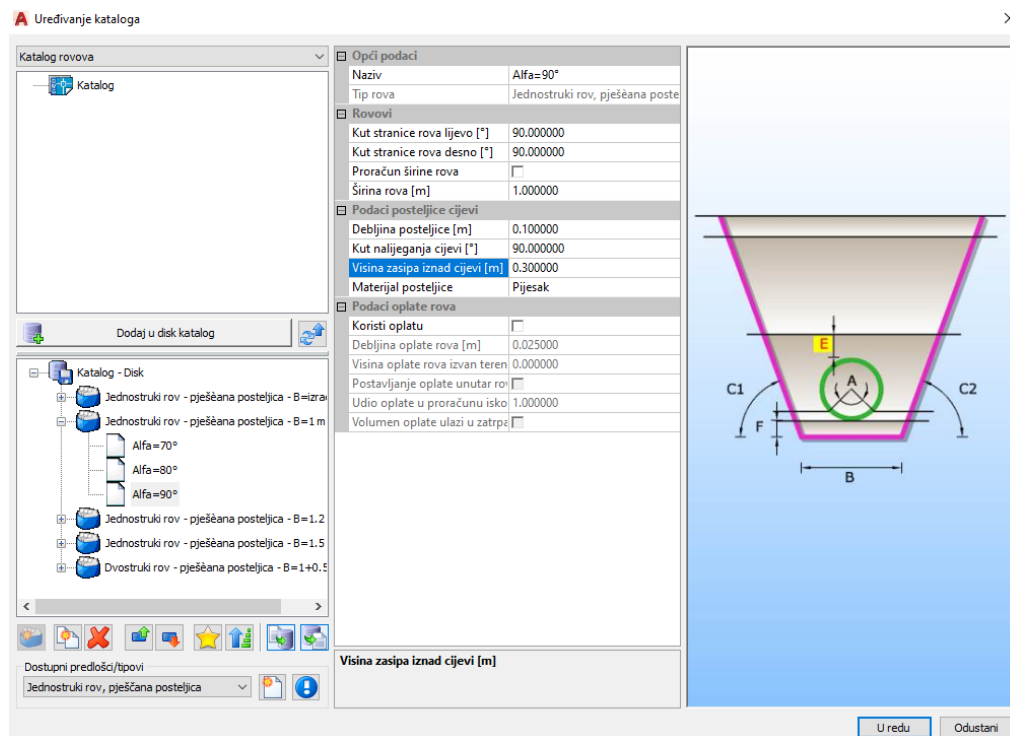
Rov cijevi zadaje se klikom na ikonu “Uređivanje kataloga” gdje se iz padajućeg izbornika odabere “Katalog rovova”, prema slici 67.

# Tedi Cvečić, Idejno rješenje sanacije i proširenja vodoopskrbnog sustava naselja Čepić primjenom WaterCAD V8i računalnog programa



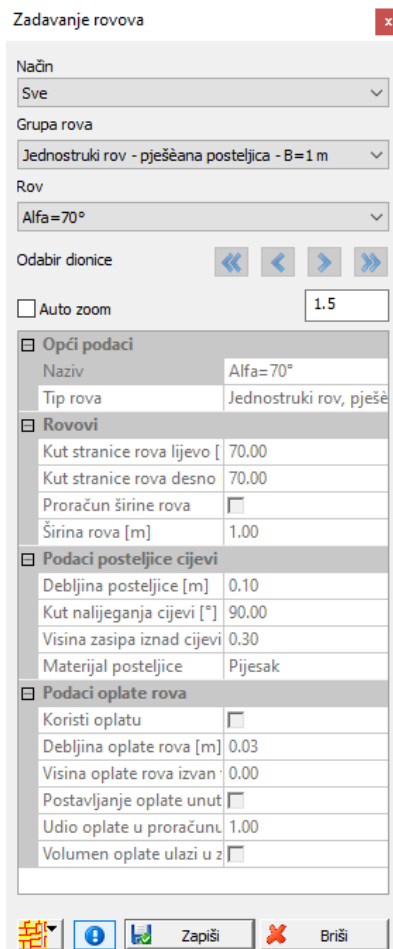
Slika 67: Zadavanje rovova cijevi unutar Urbano Hydra računalnog programa

U novootvorenom prozoru ponuđeno je nekoliko tipova rovova, u slučaju ovog diplomskog rada odabran je jednostruki rov s pješčanom posteljicom širine 1 m, a stranice rova izvedene su pod kutem od  $90^\circ$ . Na slici 68. prikazan je odabrani rov cijevi.



Slika 68: Odabir tipa rova unutar Urbano Hydra računalnog programa

Nakon što je odabran željeni tip rova potrebno odabrani tip primjeniti na cijeli sustav tako da se pod “Zadavanje podataka” odabere “Rovovi”. U donjem lijevom kutu novootvorenog prozora pod elementi topologije odabere se “Aktivni sustav”, te zatim “Zapiši”, prema slici 69.



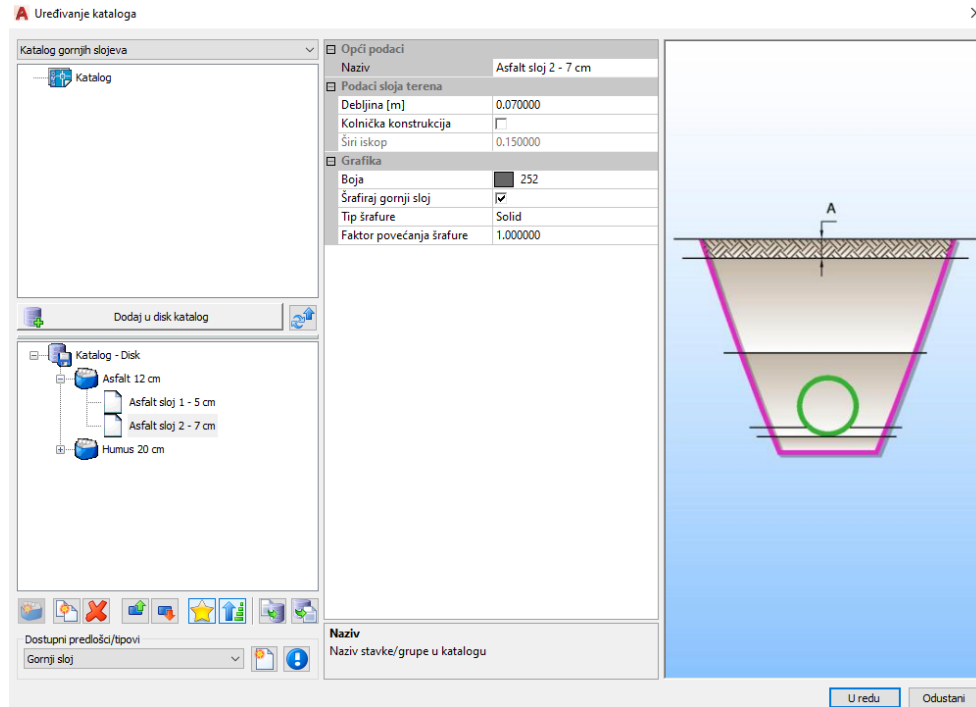
Slika 69: Postavljanje odabranog tipa rova kao mjerodavnog za cijeli vodoopskrbni sustav unutar Urbano Hydra računalnog programa

### 9.3.3 Definiranje gornjih slojeva rova

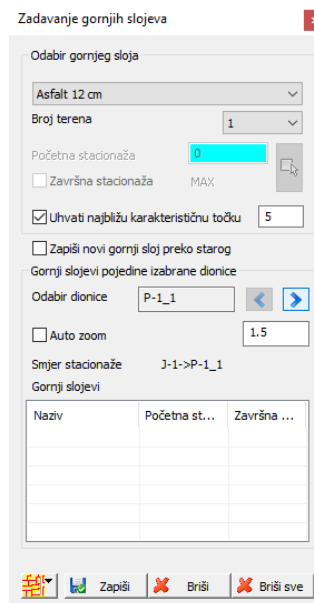
Još jedna mogućnost koju je moguće definirati su gornji slojevi rova cijevi. Gornji slojevi rova definiraju se klikom na ikonu “Uređivanje kataloga” gdje se iz padajućeg izbornika odabere “Katalog gornjih slojeva”. U novootvorenom prozoru kao gornji sloj moguće je odabrati asfalt ili humus. U ovom slučaju odabire se asfalt, jer se vodoopskrbna infrastruktura postavlja duž

## Tedi Cvečić, Idejno rješenje sanacije i proširenja vodoopskrbnog sustava naselja Čepić primjenom WaterCAD V8i računalnog programa

postojećih prometnica (Slika 70.). Kako bi se odabrani gornji sloj primjenio na cijeli sustav u izborniku “Zadavanje podataka” potrebno je odabrati “Gornji slojevi” gdje se pod elementi topologije postavi “Aktivni sustav” (Slika 71.).



Slika 70: Odabir vrste gornje sloja rova unutar Urbano Hydra računalnog programa



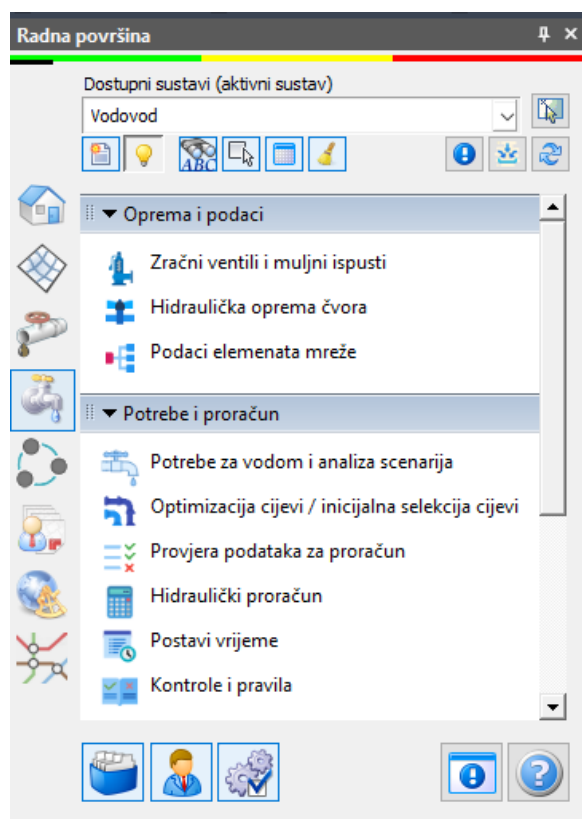
Slika 71: Postavljanje odabrane vrste gornjeg sloja rova kao mjerodavne za cijeli vodoopskrbni sustav unutar Urbano Hydra računalnog programa



## 9.4 Hidraulički proračun unutar Urbano Hydra računalnog programa

Urbano Hydra računalni program vrši hidraulički proračun vodoopskrbnog sustava koristeći EPHANET proračunsku jezgru. Hidraulički proračun ne uzima u obzir vrijeme, već se provodi za jedno određeno vremensko razdoblje. Kao mjerodavno vremensko razdoblje promatranja uzima se vrijeme najveće satne potrošnje vode, u ovom slučaju između 6 i 7 h ujutro, jednako kao i kod proračuna u WaterCAD V8i računalnom programu. Hidraulički proračun će se provesti za 2 varijante, Varijanta 1 – postojeće stanje i Varijanta 2 – vodosprema smještena u naselju Čepić.

Hidraulički se proračun pokreće klikom na ikonu “Hydra” gdje se u izborniku “Potrebe i proračun” odabere opcija “Hidraulički proračun” (slika 72.). U ovom izborniku osim hidrauličkog proračuna moguće je i provjeriti same podatke za proračun, te izvršiti optimizaciju cijevi.



Slika 72: Izbornik Hydra unutar Urbano Hydra računalnog programa

Prilikom uvoza .inp datoteke iz WaterCAD V8i programa u Urbano Hydra program dolazi do preraspodjele dionica na više dionica zbog “vertexa” tj. točaka gdje se spajaju linije koje zatvaraju

neki kut. U WaterCAD V8i programu te su točke dozvoljene, dok Urbano Hydra te točke pretvara u čvorove, pa time nastaju nove dionice.

#### 9.4.1 Hidraulički proračun – Varijanta 1

Pomoću Urbano Hydra računalnog programa validiran je hidraulički proračun proveden u WaterCAD V8i računalnom programu. Na slici 73. prikazani su maksimalni protoci dobiveni za vrijeme najveće satne potrošnje vode u Urbano Hydra programu, dok su na slici 74. prikazani maksimalni protoci dobiveni za vrijeme najveće satne potrošnje vode u WaterCAD V8i programu. Jasno je vidljivo da su promatrane vrijednosti identične uz iznimku da se kod proračuna u Urbano Hydra programu iste vrijednosti ponavljaju više puta zbog preraspodjele dionica.

⚙ L [m]	⚙ Din [mm]	⚙ ▼Q [l/s]	⚙ v [m/s]
14.82	250.00	26.60	0.54
13.04	250.00	26.60	0.54
9.92	200.00	16.65	0.53
0.24	200.00	16.65	0.53
64.52	150.00	12.65	0.72
17.31	150.00	12.65	0.72
13.74	150.00	9.95	0.56
8.04	150.00	9.95	0.56
10.97	150.00	8.45	0.48
18.09	150.00	8.28	0.47
16.20	150.00	7.82	0.44
23.12	150.00	7.68	0.43
12.00	150.00	7.68	0.43

Slika 73: Tablični prikaz dionica sa najvećim protocima za vrijeme najveće satne potrošnje vode unutar Urbano Hydra računalnog programa – Varijanta 1

## Tedi Cvečić, Idejno rješenje sanacije i proširenja vodoopskrbnog sustava naselja Čepić primjenom WaterCAD V8i računalnog programa

Label	Length (Scaled) (m)	Start Node	Stop Node	Diameter (mm)	Material	Hazen-Williams C	Flow (L/s)	Velocity (m/s)
P-309(1)	108	Izvorište	FCV-1	250.0	Ductile Iron	130.0	26.60	0.54
P-309(2)	437	FCV-1	Vodosprema...	250.0	Ductile Iron	130.0	26.60	0.54
P-(V-PK)(1)	38	Vodosprema...	FCV-2	250.0	Ductile Iron	130.0	26.60	0.54
P-(V-PK)(2)	578	FCV-2	Prekidna kom...	250.0	Ductile Iron	130.0	26.60	0.54
P-(V-Č1)	5,470	Prekidna kom...	J-1	250.0	Ductile Iron	130.0	26.60	0.54
P-158(1)	10	J-1	PRV-1	200.0	Ductile Iron	130.0	16.65	0.53
P-158(2)	9	PRV-1	J-83*	200.0	Ductile Iron	130.0	16.65	0.53
P-160	262	J-83*	J-83	150.0	Ductile Iron	130.0	12.65	0.72
P-1	944	J-1	J-2	150.0	Ductile Iron	130.0	9.95	0.56
P-30	11	J-2	J-19	150.0	Ductile Iron	130.0	8.45	0.48
P-32	18	J-19	J-20	150.0	Ductile Iron	130.0	8.28	0.47
P-39	16	J-20	J-23	150.0	Ductile Iron	130.0	7.82	0.44
P-41(1)	12	J-23	H-4	150.0	Ductile Iron	130.0	7.68	0.43
P-41(2)	23	H-4	J-24	150.0	Ductile Iron	130.0	7.68	0.43
P-162	51	J-83	J-84	150.0	Ductile Iron	130.0	7.65	0.43

Slika 74: Tablični prikaz dionica sa najvećim protocima za vrijeme najveće satne potrošnje vode unutar WaterCAD V8i računalnog programa – Varijanta 1

### 9.4.2 Hidraulički proračun – Varijanta 2

Na isti je način provedena validacija hidrauličkog proračuna i za Varijantu 2. Na slici 75. prikazani su maksimalni protoci dobiveni za vrijeme najveće satne potrošnje vode u Urbano Hydra programu, dok su na slici 76. prikazani maksimalni protoci dobiveni za vrijeme najveće satne potrošnje vode u WaterCAD V8i programu. I u ovom slučaju jasno je vidljivo da su promatrane vrijednosti identične uz istu iznimku da se kod proračuna u Urbano Hydra programu iste vrijednosti ponavljaju više puta.

Tedi Cvečić, Idejno rješenje sanacije i proširenja vodoopskrbnog sustava naselja Čepić primjenom WaterCAD V8i računalnog programa

L [m]	Din [mm]	▼Q [l/s]	v [m/s]
29.43	250.00	26.60	0.54
9.79	250.00	26.60	0.54
7.82	250.00	26.43	0.54
9.77	250.00	26.43	0.54
12.56	250.00	26.43	0.54
10.40	250.00	26.12	0.53
16.74	250.00	26.12	0.53
3.14	250.00	26.07	0.53
9.50	250.00	26.07	0.53
2.69	250.00	26.02	0.53
8.55	250.00	26.02	0.53
4.17	250.00	26.02	0.53
8.47	250.00	25.97	0.53
4.62	200.00	24.71	0.79
15.29	200.00	24.62	0.78
16.46	200.00	24.62	0.78

Slika 75: Tablični prikaz dionica sa najvećim protocima za vrijeme najveće satne potrošnje vode unutar Urbano Hydra računalnog programa – Varijanta 2

Label	Length (Scaled) (m)	Start Node	Stop Node	Diameter (mm)	Material	Hazen-Williams C	Flow (L/s)	Velocity (m/s)
P-(V-J1)	313	Vodosprema...	J-1	250.0	Ductile Iron	130.0	26.60	0.54
P-146(1)	196	J-1	J-77	250.0	Ductile Iron	130.0	26.43	0.54
P-145	82	J-77	J-76	250.0	Ductile Iron	130.0	26.12	0.53
P-143	13	J-76	J-75	250.0	Ductile Iron	130.0	26.07	0.53
P-141(1)	7	H-14	J-74	250.0	Ductile Iron	130.0	26.02	0.53
P-141(2)	9	J-75	H-14	250.0	Ductile Iron	130.0	26.02	0.53
P-139	50	J-74	J-73	250.0	Ductile Iron	130.0	25.97	0.53
P-(IZV-FCV)	42	Izvorište	FCV-1	250.0	Ductile Iron	130.0	25.00	0.51
P-(FVC-V)	8,753	FCV-1	Vodosprema...	250.0	Ductile Iron	130.0	25.00	0.51
P-138	5	J-73	J-72	200.0	Ductile Iron	130.0	24.71	0.79
P-136	87	J-72	J-71	200.0	Ductile Iron	130.0	24.62	0.78

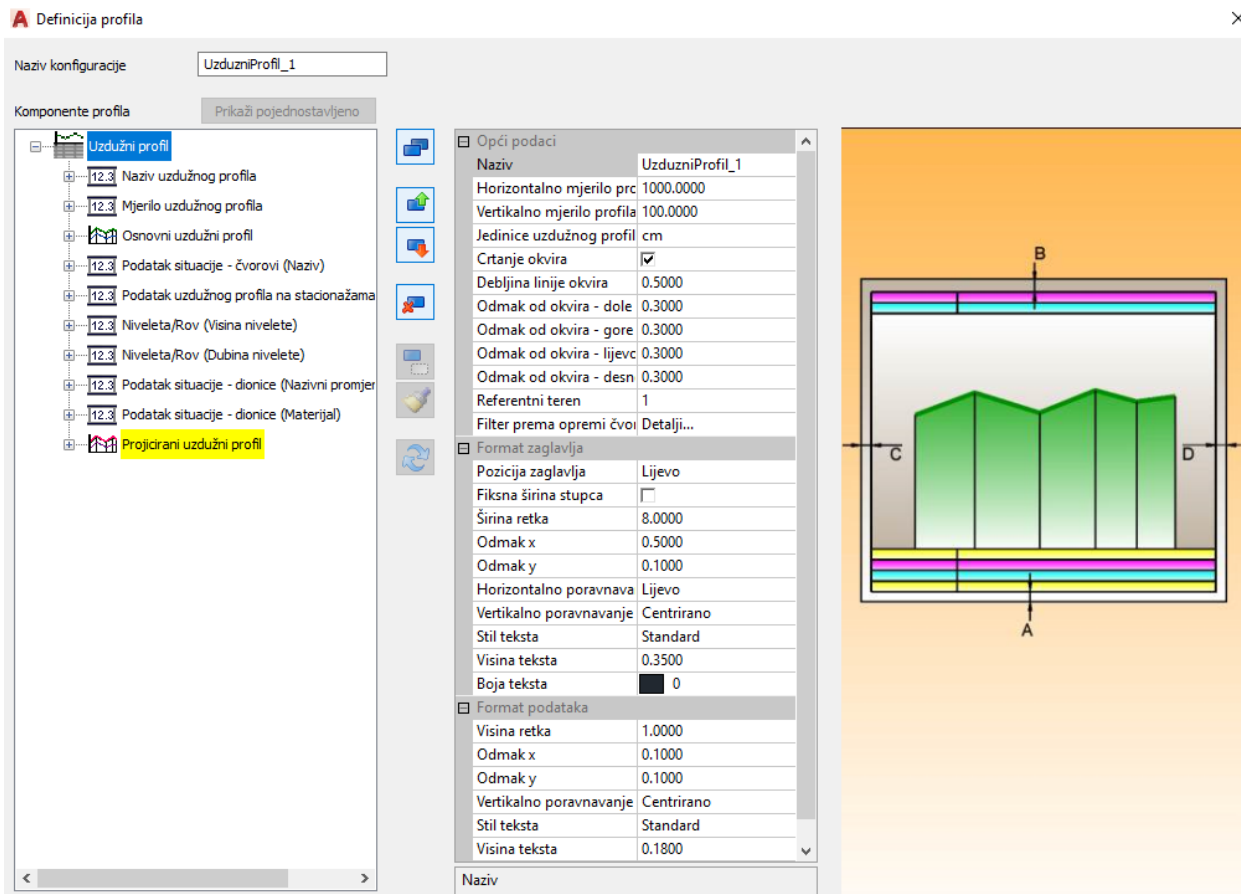
Slika 76: Tablični prikaz dionica sa najvećim protocima za vrijeme najveće satne potrošnje vode unutar WaterCAD V8i računalnog programa – Varijanta 2

## 9.5 Uzdužni i poprečni profili

Velika prednost Urbano Hydra računalnog programa je brzo i jednostavno crtanje uzdužnih i poprečnih profila. Uzdužne profile moguće je crtati koristeći bilo koju selekciju topoloških elemenata, nizove, ogranke, od čvora do čvora i sl. Izradi uzdužnih profila pristupa se na radnoj

## Tedi Cvečić, Idejno rješenje sanacije i proširenja vodoopskrbnog sustava naselja Čepić primjenom WaterCAD V8i računalnog programa

površini klikom na ikonu “Upravljanje sustavima” gdje se odabere “Uzdužni profili” te zatim “Novo” čime se otvara novi prozor “Definicija profila” koji je prikazan na slici 77. U tom prozoru moguće je uređivati gotovo sve elemente koji će biti prikazani na uzdužnom profilu.



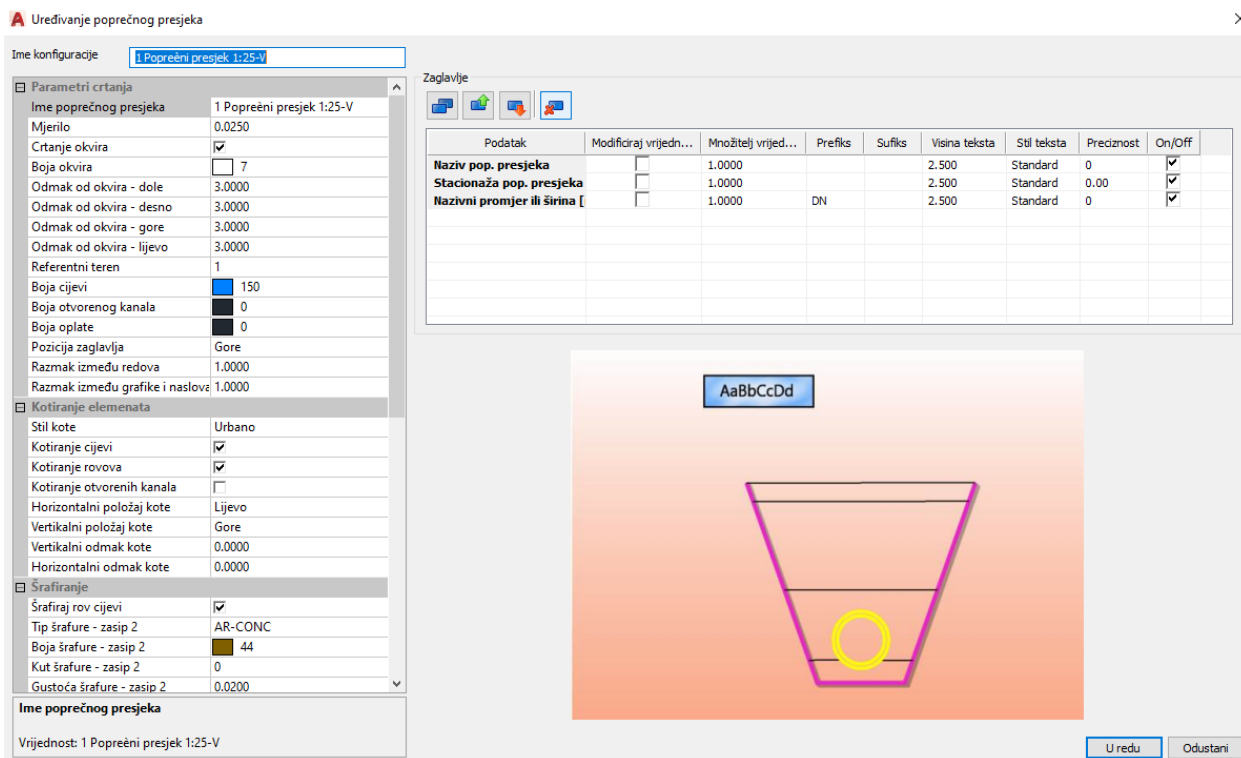
Slika 77: Uređivanje konfiguracije uzdužnih profila unutar Urbano Hydra računalnog programa

U ovom diplomskom radu za crtanje uzdužnih profila korištena je opcija od čvora do čvora kojom se odabere početni i završni čvor uzdužnog profila te program sam izradi uzdužni profil. Uzdužni profili izrađeni su za obje analizirane varijante, a prikazani su u prilogima. Kod Varijante 1 uzdužni profil izrađen je od Prekidne komore do krajnjeg potrošača P84, dok je kod Varijante 2 uzdužni profil izrađen od Vodospreme do krajnjeg potrošača P109.

Urbano Hydra računalni program također omogućuje jednostavno crtanje poprečnih profila. Izradi poprečnih profila pristupa se na radnoj površini klikom na ikonu “Upravljanje sustavima” gdje je pod opcijom “Poprečni presjeci” moguće odabrati poprečni presjek u mjerilu 1:25 ili 1:50. Klikom

# Tedi Cvečić, Idejno rješenje sanacije i proširenja vodoopskrbnog sustava naselja Čepić primjenom WaterCAD V8i računalnog programa

na “Uredi” otvara se prozor unutar kojeg je moguće uređivanje različitih parametara poprečnog profila (Slika 78.).



Slika 78: Uređivanje konfiguracije poprečnih profila unutar Urbano Hydra računalnog programa

Način crtanja poprečnih profila sličan je kao i kod crtanja uzdužnih profila, no u ovom slučaju odabire se samo jedna karakteristična točka u kojoj se želi nacrtati poprečni profil. Karakteristični profil jednak je kod obje analizirane Varijante, te je prikazan u *Prilogu 25.* u mjerilu 1:25.

## 10. ZAKLJUČAK

Vodoopskrbni sustav je najvažnija infrastruktura zato jer je opskrba pitkom vodom nužan uvjet za funkcioniranje svakog naselja. Iz tog je razloga važno isprojektirati optimalni vodoopskrbni sustav koji u svakom trenutku zadovoljava potrebe svih potrošača, ispunjava sve projektne kriterije i ima čim manje gubitke.

U ovom diplomskom radu analizirane su dvije varijante vodoopskrbnog sustava, Varijanta 1 predstavlja postojeći vodoopskrbni sustav u kojem je vodosprema smještena u susjednom naselju Kožljak, dok Varijanta 2 predstavlja slučaj u kojem je vodosprema smještena u samom naselju Čepić. Kod obje su varijante mjerodavne količine potrebne vode i ukupni volumeni vodosprema jednaki budući da se radi o istom području promatranja. Kod Varijante 1 ukupna duljina vodoopskrbnog sustava iznosi 19,1 km, a kod Varijante 2 ukupna duljina vodoopskrbnog sustava iznosi 21,3 km. Za Varijantu 1 u 98 % slučajeva potrebno je ugraditi cijev promjera 150 mm, dok je za Varijantu 2 to potrebno učiniti u 88 % slučajeva. Linijski su gubici manji za Varijantu 1. Kod obje je varijante potrebno ugraditi 2 reducir ventila koja smanjuju radni tlak unutar dozvoljenih granica od 2,5 do 6 (7) bara. Kada se svi nabrojani kriteriji uzmu u obzir dolazi se do zaključka da je Varijanta 1 isplativija jer ima manju ukupnu duljinu vodoopskrbne mreže, potrebno je ugraditi manje cijevi promjera većeg od 150 mm i manji su linijski gubici.

Za valorizaciju hidrauličkih programa korišteni su WaterCAD V8i i UrbanoHydra računalni programi. Kao materijal od kojeg će biti izrađene cijevi odabrano je lijevano željezo. Unutar WaterCAD V8i računalnog programa analizirani su i radni tlakovi za PVC i čelične cijevi. Ukoliko bi se umjesto lijevano-željeznih cijevi koristile čelične cijevi razlika u tlakovima bila bi neznatno veća, a ukoliko bi se umjesto lijevano-željeznih cijevi koristile PVC cijevi tlakovi bi također bili veći, ali za vrijednost od 0,5 do 1 bara. Unutar rada analiziran je utjecaj pojave požara na protok, brzinu toka vode i radne tlakove. Za vrijeme požara dolazi do povećanja protoka i brzina toka vode te do smanjenja radnih tlakova, no sve fizikalne veličine i dalje ostaju unutar dopuštenih granica. Prikaz rezultata hidrauličkog proračuna proveden je pomoću "Color Coding" opcije koja omogućuje jasan prikaz promjene fizikalnih veličina korištenjem boja. Analize su izvršene za vrijeme najveće satne potrošnje vode, u 7 h ujutro, te za vrijeme potrošnje vode koja je upola manja od maksimalne potrošnje vode, u 20 h navečer. Vrijeme minimalne potrošnje vode nije analizirano,

Tedi Cvečić, Idejno rješenje sanacije i proširenja vodoopskrbnog sustava naselja Čepić  
primjenom WaterCAD V8i računalnog programa

jer bi sve promatrane vrijednosti za to vrijeme bile u najdonjoj skupini unutar legende što bi rezultiralo jednobojnim prikazom promjene fizikalne veličine.



## 11. LITERATURA

1. Milevoj, M., S ove strane Učke, MF Labin, Labin, 2014.
2. Regan, K., Nadilo, B., Utvrde oko Čepićkog polja, Građevinar (5/2012), Hrvatski savez građevinskih inženjera, Zagreb, 2012.
3. Općina Kršan, <https://www.krsan.hr/>, pristup 20.04.2022.
4. Elaborat zaštite okoliša sustava navodnjavanja Čepić polje, Elektroprojekt, Zagreb, 2018.
5. Klimatski atlas Hrvatske, Državni hidrometeorološki zavod, Zagreb, 2008.
6. Šikić, D., Polšak, A., Magaš, N., Osnovna geološka karta SFRJ 1:100.000, List Labin L33–101. Institut za geološka istraživanja, Zagreb (1958–1967), Savezni geološki institut, Beograd.
7. Vodovod Labin, <http://vodovod-labin.hr/>, pristup 21.04.2022.
8. Žic, E., Proračun mjerodavnih količina vode, radni materijali iz kolegija Vodoopskrba i kondicioniranje voda, Građevinski fakultet Sveučilišta u Rijeci, Rijeka, 2021.
9. Margeta, J., Vodoopskrba naselja: planiranje, projektiranje, upravljanje, obrada vode, Građevinsko-arhitektonski fakultet Sveučilišta u Splitu, Split, 2010.
10. Žic, E., Hidraulički proračun, radni materijali iz kolegija Vodoopskrba i kondicioniranje voda, Građevinski fakultet Sveučilišta u Rijeci, Rijeka, 2021.
11. Žic, E., Dimenzioniranje vodospreme/vodotornja, radni materijali iz kolegija Vodoopskrba i kondicioniranje voda, Građevinski fakultet Sveučilišta u Rijeci, Rijeka, 2021.
12. Water distribution modeling and management, promidžbeni materijal tvrtke Bentley, <https://www.bentley.com/wp-content/uploads/PDS-WaterCAD-LTR-EN-HR.pdf>
13. Pravilnik o hidrantskoj mreži za gašenje požara, Ministarstvo unutarnjih poslova, NN 8/2006, 2006.
14. Žic, E., Cjevovodi, materijali iz kolegija Vodoopskrba i kondicioniranje voda, Građevinski fakultet Sveučilišta u Rijeci, Rijeka, 2021.
15. StudioArs, <https://www.studioars.com/hr/urbano/hydra/>, pristup 08.12.2022.

## 12. PRILOZI

Prilog 1. Hidraulički proračun vodoopskrbnog sustava naselja Čepić, Varijanta 1

Prilog 2. Radni tlakovi unutar vodoopskrbne mreže naselja Čepić, Varijanta 1

Prilog 3. Situacijski prikaz vodoopskrbnog sustava naselja Čepić, Varijanta 1, M1:20 000

Prilog 4. Plan iskolčenja glavnog cjevovoda od Vodospreme do P84, Varijanta 1, M1:20 000

Prilog 5. Uzdužni profil dionice Prekidna komora – J1, Varijanta 1, M1:10 000/1000

Prilog 6. Uzdužni profil dionice J1 – J2, Varijanta 1, M1:5 000/500

Prilog 7. Uzdužni profil dionice J2 – J72, Varijanta 1, M1:2 000/200

Prilog 8. Uzdužni profil dionice J72 – P84, Varijanta 1, M1:2 000/200

Prilog 9. Prikaz promjene protoka pomoću „Color coding“ opcije, Varijanta 1, M1: 10 000

Prilog 10. Prikaz promjene brzine toka vode pomoću „Color coding“ opcije, Varijanta 1, M1: 10 000

Prilog 11. Prikaz promjene radnih tlakova pomoću „Color coding“ opcije, Varijanta 1, M1: 10 000

Prilog 12. Hidraulički proračun vodoopskrbnog sustava naselja Čepić, Varijanta 2

Prilog 13. Radni tlakovi unutar vodoopskrbne mreže naselja Čepić, Varijanta 2

Prilog 14. Situacijski prikaz vodoopskrbnog sustava naselja Čepić, Varijanta 2, M1:20 000

Prilog 15. Plan iskolčenja glavnog cjevovoda od Vodotoranja do P109, Varijanta 2, M1:10 000

Prilog 16. Uzdužni profil dionice Vodotoranj – J73, Varijanta 2, M1:2000/200

Prilog 17. Uzdužni profil dionice J73 – J40, Varijanta 2, M1:2000/200

Prilog 18. Uzdužni profil dionice J40 – J102, Varijanta 2, M1:2000/200

Prilog 19. Uzdužni profil dionice J102 – J100, Varijanta 2, M1:2000/200

Prilog 20. Uzdužni profil dionice J100 – J104, Varijanta 2, M1:2000/200

Prilog 21. Uzdužni profil dionice J104 – P109, Varijanta 2, M1:2000/200

Prilog 22. Prikaz promjene protoka pomoću „Color coding“ opcije, Varijanta 2, M1: 10 000

Tedi Cvečić, Idejno rješenje sanacije i proširenja vodoopskrbnog sustava naselja Čepić  
primjenom WaterCAD V8i računalnog programa

Prilog 23. Prikaz promjene brzine toka vode pomoću „Color coding“ opcije, Varijanta 2, M1: 10  
000

Prilog 24. Prikaz promjene radnih tlakova pomoću „Color coding“ opcije, Varijanta 2, M1: 10 000

Prilog 25. Karakteristični presjek rova, M1:25









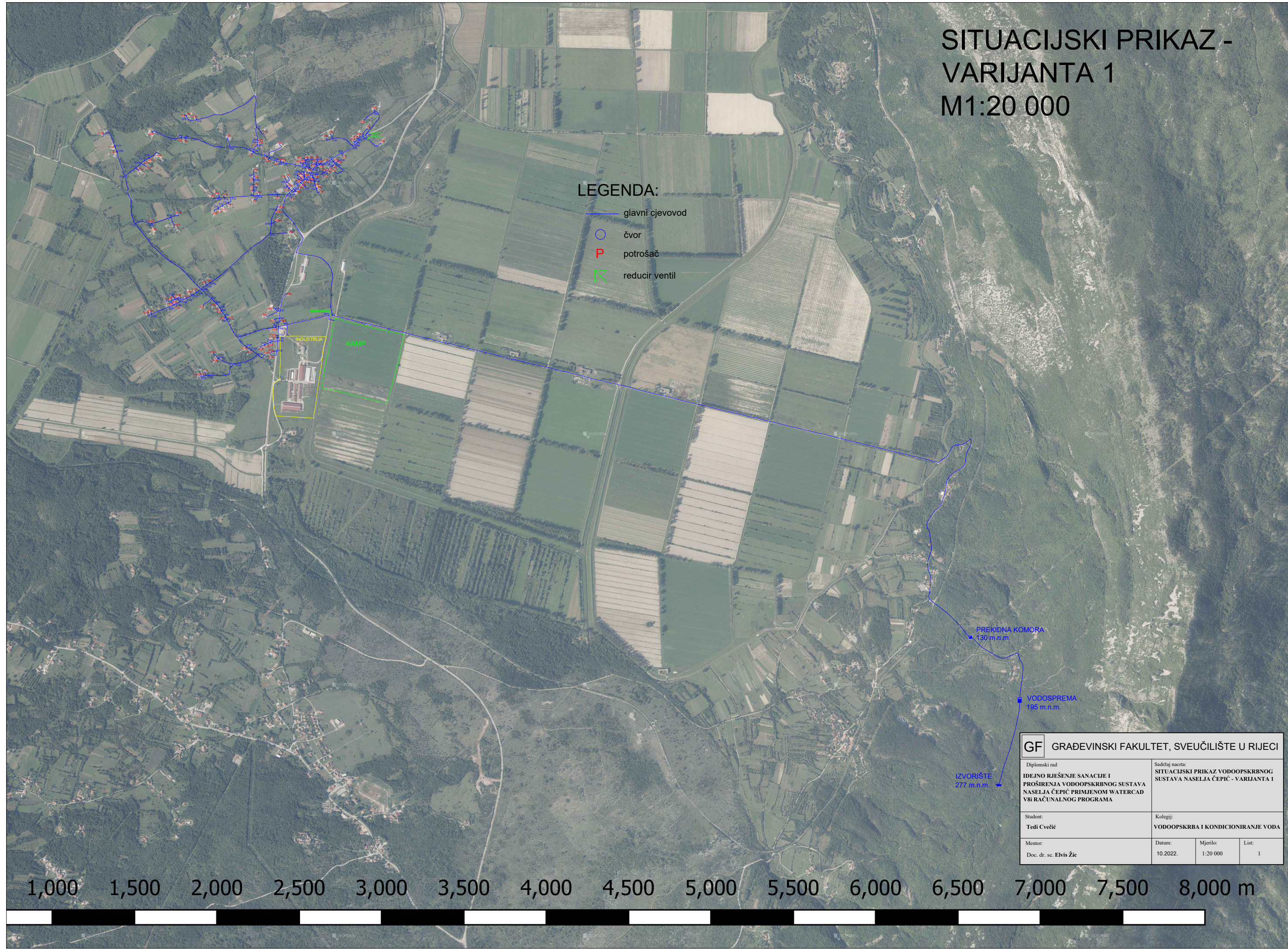




# SITUACIJSKI PRIKAZ - VARIJANTA 1 M1:20 000

## LEGENDA:

-  glavni cjevovod
-  čvor
-  potrošač
-  reducir ventil

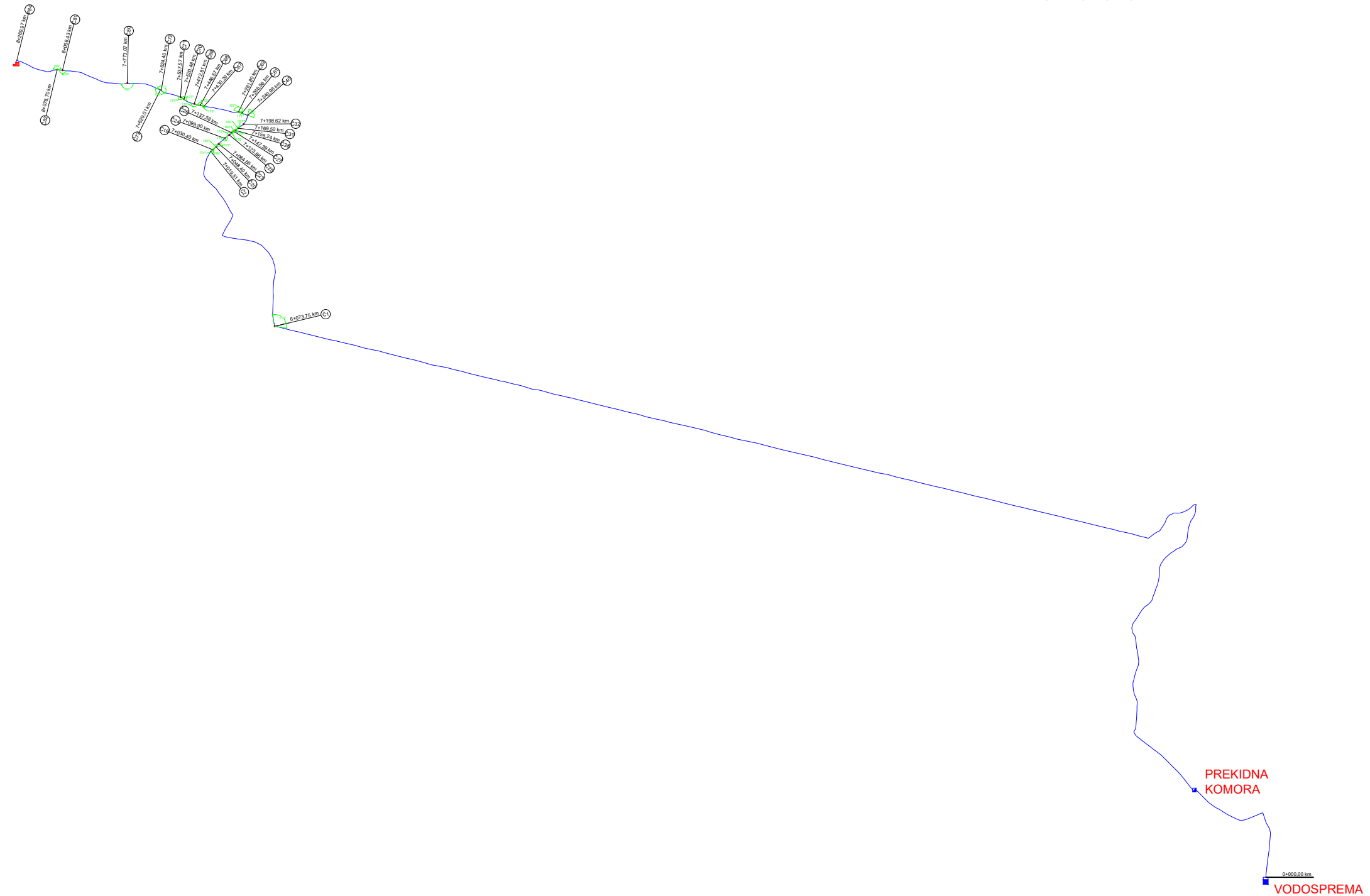


<b>GF</b> GRAĐEVINSKI FAKULTET, SVEUČILIŠTE U RIJECI		
Diplomski rad	Sadržaj nacrt:	
IDEJNO RJEŠENJE SANACIJE I PROŠIRENJA VODOOPSKRBNOG SUSTAVA NASELJA ČEPIĆ PRIMJENOM WATERCAD V8I RAČUNALNOG PROGRAMA	SITUACIJSKI PRIKAZ VODOOPSKRBNOG SUSTAVA NASELJA ČEPIĆ - VARIJANTA 1	
Student:	Kolegij:	
Tedi Cvečić	VODOOPSKRBA I KONDICIONIRANJE VODA	
Mentor:	Datum:	Mjerilo:
Doc. dr. sc. Elvis Žić	10.2022.	1:20 000
		List:
		1

1,000 1,500 2,000 2,500 3,000 3,500 4,000 4,500 5,000 5,500 6,000 6,500 7,000 7,500 8,000 m

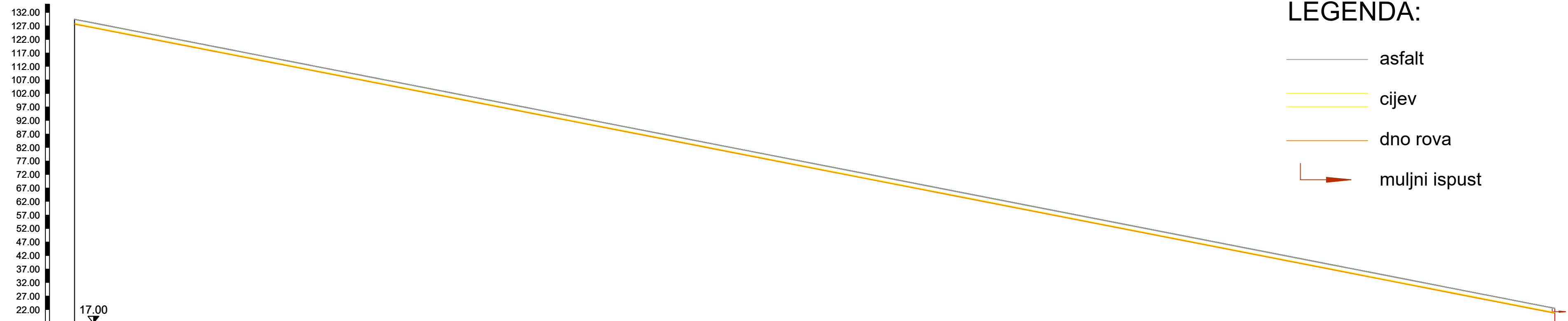


# PLAN ISKOLČENJA GLAVNOG CJEVOVODA - VARIJANTA 1 M1:20 000



<b>GF GRAĐEVINSKI FAKULTET, SVEUČILIŠTE U RIJECI</b>			
Diplomski rad <b>IDEJNO RJEŠENJE SANACIJE I PROŠIRENJA VODOOPSKRBNOG SUSTAVA NASELJA ČEPIĆ PRIMJENOM WATERCAD VSI RAČUNALNOG PROGRAMA</b>		Sadržaj nacrt: <b>PLAN ISKOLČENJA GLAVNOG CJEVOVODA - VARIJANTA 1</b>	
Student: <b>Tedi Cvečić</b>		Kolegij: <b>VODOOPSKRBA I KONDICIONIRANJE VODA</b>	
Mentor: Doc. dr. sc. <b>Elvis Žic</b>		Datum: 10.2022.	Mjerilo: 1:20 000
		List: 2	

# Uzdužni profil dionice PK - J1 M:1:10 000/1 000



## LEGENDA:

- asfalt
- cijev
- dno rova
- muljni ispust

Naziv	Prekidna komora		J-1
Visina terena [m n.m.]	129.50		22.50
Visina nivelete [m n.m.]	127.88		20.88
Dubina nivelete [m]	1.63		1.63
Visina dna rova [m n.m.]	127.65		20.65
Dubina dna rova [m]	1.85		1.85
Duljina dionice [m]		5470.47	
Pad [%]		1.96	
Materijal		Duktil	
Promjer cijevi [mm]		250.00	
Horizontalni kut - Otklon			
Vertikalni kut - Otklon			
Visina piezometra [m]	130.00		122.90
Stacionaže čvorova	0+000.00		5+470.47
Duljina/Pad	1.96%		5470.47 m
Shema topologije čvora			

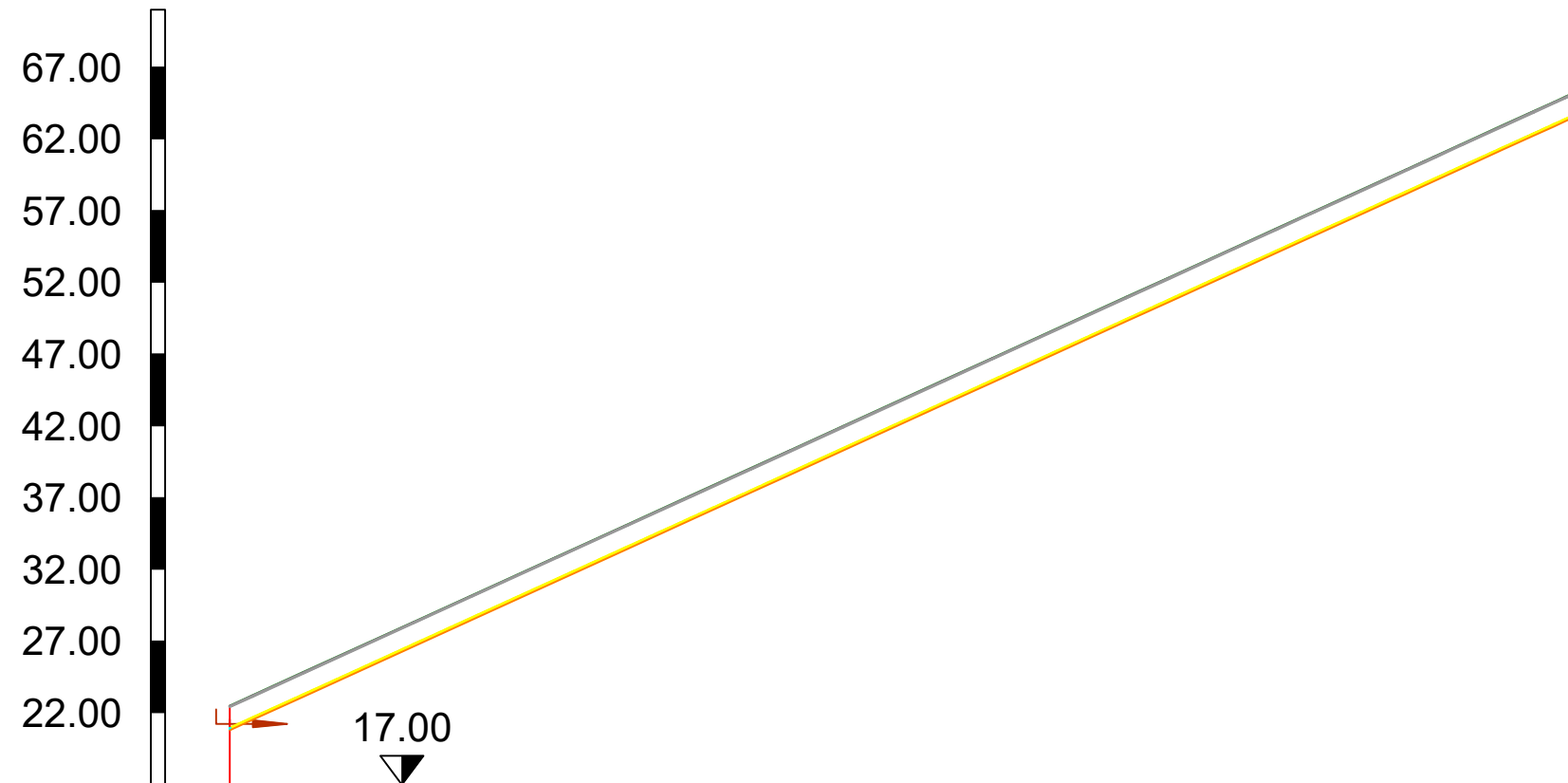
<b>GF</b> GRAĐEVINSKI FAKULTET, SVEUČILIŠTE U RIJECI			
Diplomski rad		Sadržaj nacrt:	
<b>IDEJNO RJEŠENJE SANACIJE I PROŠIRENJA VODOOPSKRBNOG SUSTAVA NASELJA ČEPIĆ PRIMJENOM WATERCAD V8i RAČUNALNOG PROGRAMA</b>		<b>UZDUŽNI PROFIL DIONICE PREKIDNA KOMORA - J1 - VARIJANTA 1</b>	
Student: <b>Tedi Cvečić</b>		Kolegij: <b>VODOOPSKRBA I KONDICIONIRANJE VODA</b>	
Mentor: Doc. dr. sc. <b>Elvis Žic</b>	Datum: 01.2023.	Mjerilo: 1:10 000/1000	List: 3

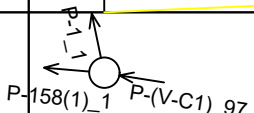
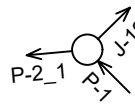
# J1 - J2

## M:1:5000/500

### LEGENDA:

-  asfalt
-  cijev
-  dno rova
-  muljni ispust



Naziv	J-1	J-2
Visina terena [m n.m.]	22.50	65.50
Visina nivelete [m n.m.]	20.93	63.92
Dubina nivelete [m]	1.57	1.58
Visina dna rova [m n.m.]	20.75	63.75
Dubina dna rova [m]	1.75	1.75
Duljina dionice [m]		943.78
Pad [%]		-4.56
Materijal		Duktil
Promjer cijevi [mm]		150
Horizontalni kut - Otklon		
Vertikalni kut - Otklon		
Visina piezometra [m]	122.90	120.06
Stacionaže čvorova	0+000.00	0+943.78
Duljina/Pad	943.78 m	4.56%
Schema topologije čvora		

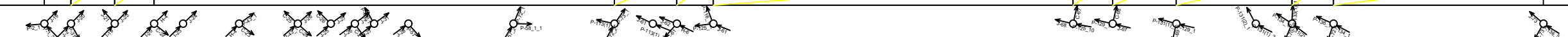
GF GRAĐEVINSKI FAKULTET, SVEUČILIŠTE U RIJECI			
Diplomski rad		Sadržaj nacrt:	
IDEJNO RJEŠENJE SANACIJE I PROŠIRENJA VODOOPSKRBNOG SUSTAVA NASELJA ČEPIĆ PRIMJENOM WATERCAD VSI RAČUNALNOG PROGRAMA		UZDUŽNI PROFIL DIONICE J1 - J2 - VARIJANTA 1	
Student:		Kolegij:	
Tedi Cvečić		VODOOPSKRBA I KONDICIONIRANJE VODA	
Mentor:	Datum:	Mjerilo:	List:
Doc. dr. sc. Elvis Žic	01.2023.	1:5000/500	4

87.00  
82.00  
77.00  
72.00  
67.00  
62.00

LEGENDA:  

  
 — asfalt  
 — cijev  
 — dno rova  
 ozračni ventil



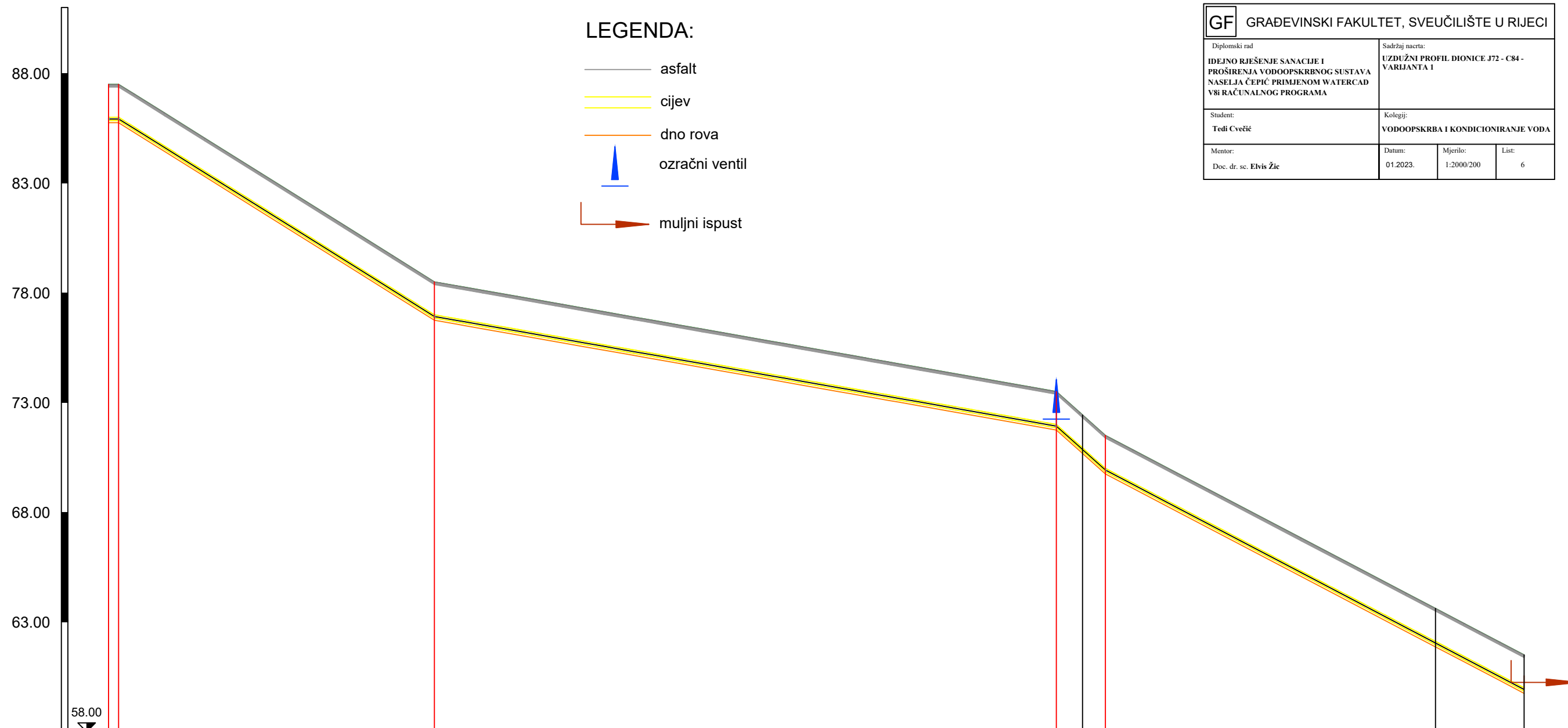
Naziv	J-2	J-19	J-20	J-23	H-4	J-24	J-25	J-26	J-27	J-28	J-31	J-32	J-40	H-6	J-61	J-62	J-67	J-68	J-69	H-12	J-70	J-71	J-72
Visina terena [m n.m.]	65.50	65.50	66.50	67.50	67.50	67.50	67.50	67.50	67.50	67.50	67.50	67.50	67.50	69.35	70.50	71.50	79.50	80.50	82.50	84.56	85.50	86.50	87.50
Visina nivelete [m n.m.]	63.92	63.92	64.92	65.92	65.92	65.92	65.92	65.92	65.92	65.92	65.92	65.92	65.92	67.77	68.92	69.92	77.92	78.92	80.92	82.98	83.92	84.92	85.92
Dubina nivelete [m]	1.58	1.58	1.58	1.58	1.58	1.58	1.58	1.58	1.58	1.58	1.58	1.58	1.58	1.58	1.58	1.58	1.58	1.58	1.58	1.58	1.58	1.58	1.58
Visina dna rova [m n.m.]	63.75	63.75	64.75	65.75	65.75	65.75	65.75	65.75	65.75	65.75	65.75	65.75	65.75	67.60	68.75	69.75	77.75	78.75	80.75	82.81	83.75	84.75	85.75
Dubina dna rova [m]	1.75	1.75	1.75	1.75	1.75	1.75	1.75	1.75	1.75	1.75	1.75	1.75	1.75	1.75	1.75	1.75	1.75	1.75	1.75	1.75	1.75	1.75	1.75
Duljina dionice [m]	10.97	18.09	16.20	12.00	23.12	24.16	13.66	9.90	7.94	14.14	43.39	41.69	15.82	9.87	15.05	148.49	16.27	26.30	32.71	14.99	17.10	86.67	
Pad [%]	0.00	-5.53	-6.17					0.00						-11.67	-6.64		-5.39	-6.15	-7.60	-6.29	-5.85	-1.15	
Materijal	Duktil																						
Nazivni promjer ili širina [mm]	150.00																						
Horizontalni kut - Otklon		0.52°	0.42°	3.16°	0.27°	-8.27°	1.48°	-5.44°	1.66°	-1.86°	-83.68°	7.84°	106.88°	-4.52°	4.68°	27.54°	-3.12°	-0.16°	-2.84°	-34.61°	3.01°	4.53°	
Vertikalni kut - Otklon		3.16°	0.37°	0.37°	0.00°	0.00°	0.00°	0.00°	0.00°	0.00°	0.00°	0.00°	6.66°	-0.00°	-2.86°	-0.72°	0.43°	0.83°	-0.75°	-0.00°	-0.25°	-2.86°	
Visina piezometra [m]	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00
Stacionaže čvorova	000+000.00	000+010.97	000+029.06	000+045.25	000+057.25	000+080.38	000+104.53	000+118.19	000+128.09	000+136.03	000+150.18	000+193.56	000+235.24	000+251.07	000+260.94	000+275.99	000+424.48	000+440.75	000+467.05	000+489.76	000+514.75	000+531.86	000+618.53
Duljina/Pad	10.97 m 0.00%	18.09 m -5.53%	16.20 m -6.17%	12.00 m 0.00%	23.12 m 0.00%	24.16 m 0.00%	13.66 m 0.00%	9.90 m 0.00%	7.94 m 0.00%	14.14 m 0.00%	43.39 m 0.00%	41.69 m 0.00%	15.82 m -11.67%	9.87 m -6.64%	15.05 m -6.64%	148.49 m -5.39%	16.27 m -6.15%	26.30 m -7.60%	32.71 m -6.29%	14.99 m -5.85%	17.10 m -1.15%	86.67 m -1.15%	
Schema topologije čvorova																							



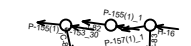


<b>GF GRAĐEVINSKI FAKULTET, SVEUČILIŠTE U RIJECI</b>			
Diplomski rad <b>IDEJNO RJEŠENJE SANACIJE I PROŠIRENJA VODOOPSKRBNOG SUSTAVA NASELJA ČEPIĆ PRIMJENOM WATERCAD VSI RAČUNALNOG PROGRAMA</b>		Sadržaj nacrt: <b>UZDUŽNI PROFIL DIONICE J2 - J72 - VARIJANTA 1</b>	
Student: <b>Tedi Cvečić</b>		Kolegij: <b>VODOOPSKRBA I KONDICIONIRANJE VODA</b>	
Mentor: Doc. dr. sc. <b>Elvis Žic</b>		Datum: 01.2023.	Mjerilo: 1:2000/200
		List: 5	

GF GRAĐEVINSKI FAKULTET, SVEUČILIŠTE U RIJECI			
Diplomski rad IDEJNO RJEŠENJE SANACIJE I PROŠIRENJA VODOOPSKRBNOG SUSTAVA NASELJA ČEPIĆ PRIMJENOM WATERCAD V8I RAČUNALNOG PROGRAMA		Sadržaj nacrti: UZDUŽNI PROFIL DIONICE J72 - C84 - VARIJANTA I	
Student: Tedi Cvečić		Kolegij: VODOOPSKRBA I KONDICIONIRANJE VODA	
Mentor: Doc. dr. sc. Elvis Žic	Datum: 01.2023.	Mjerilo: 1:2000/200	List: 6

LEGENDA:

-  asfalt
-  cijev
-  dno rova
-  ozračni ventil
-  muljni ispušt

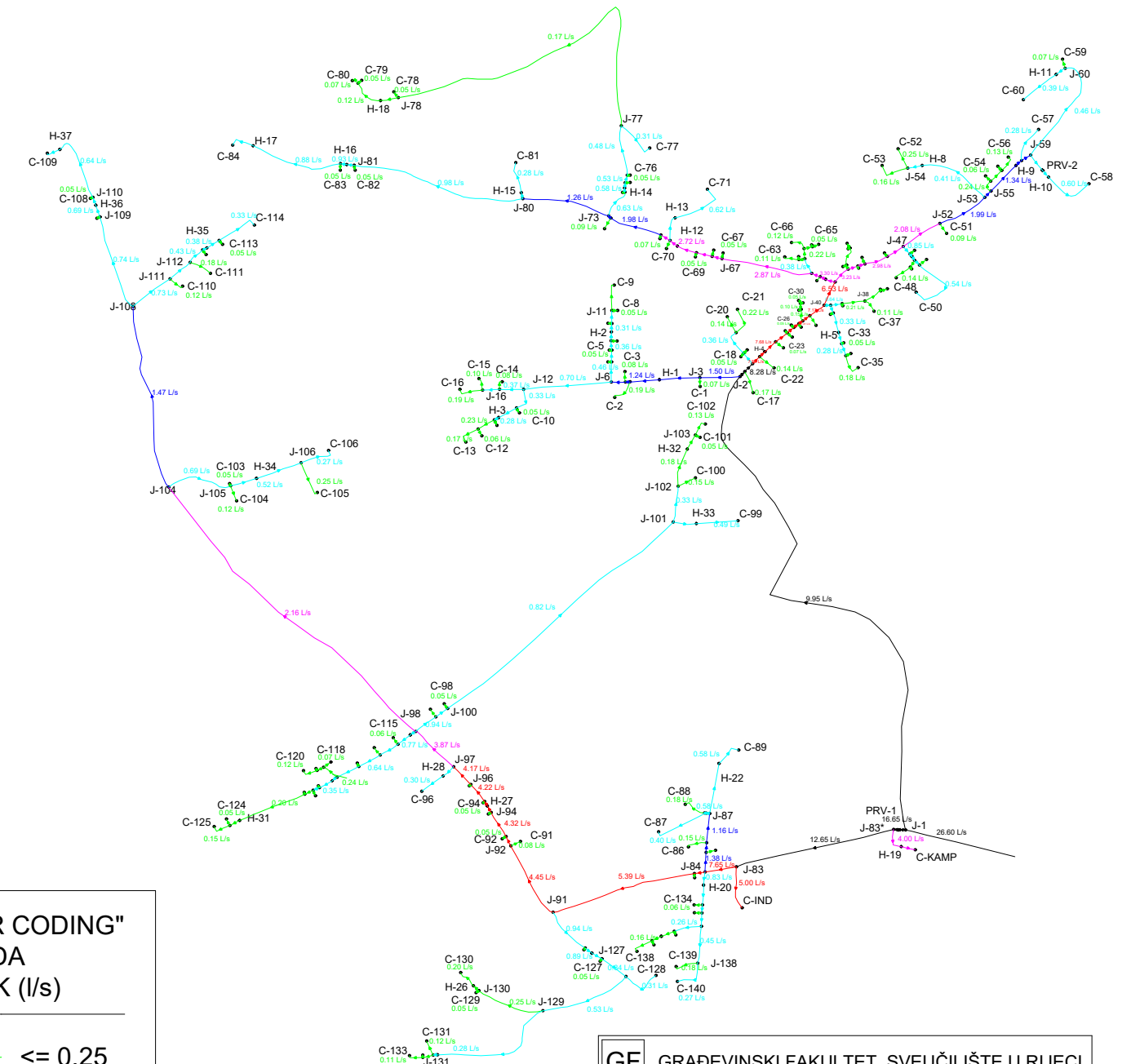
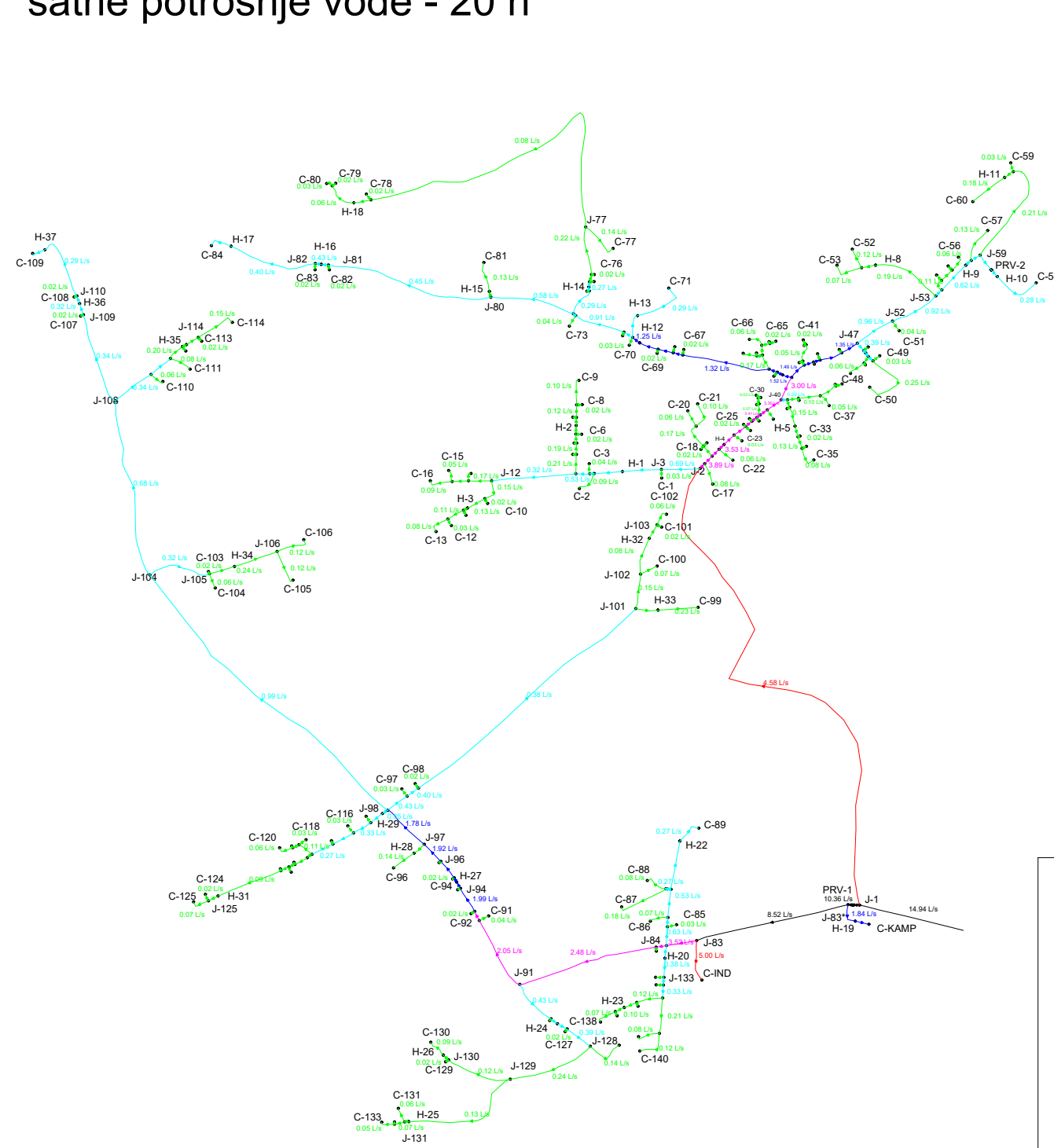


Naziv	J-72 J-73	J-80	J-81 H-16 J-82	H-17	C-84
Visina terena [m n.m.]	87.50 87.50	78.50	73.50 72.43 71.50	63.62	61.50
Visina nivelete [m n.m.]	85.92 85.92	76.92	71.92 70.86 69.92	62.04	59.92
Dubina nivelete [m]	1.58 1.58	1.58	1.58 1.58 1.58	1.58	1.58
Visina dna rova [m n.m.]	85.75 85.75	76.75	71.75 70.68 69.75	61.87	59.75
Dubina dna rova [m]	1.75 1.75	1.75	1.75 1.75 1.75	1.75	1.75
Duljina dionice [m]	4.62 143.92		283.45 11.95 10.39	150.46	40.43
Pad [%]	0.04 6.25		1.76 8.95	5.24	
Materijal			Duktil		
Nazivni promjer ili širina [mm]			150.00		
Horizontalni kut - Otklon					
Vertikalni kut - Otklon			2.95° 2.95° 1.27° 17.44°	1.93°	
Visina piezometra [m]			-4.10° 0.00° 2.12°	-0.00°	
Stacionaže čvorova	0+00+00.00 1+18.24 0+00+04.62 1+18.21	0+143.54 1+17.76 2.57° 11.81°	0+431.95 1+16.88 -4.10° 2.95° 0+443.94 1+16.88 2.12° 17.44°	0+604.80	0+645.23 1+18.28
Duljina/Pad	4.62 m 6.25%	143.92 m 1.76%	283.45 m 8.95% 22.34 m 5.24%		190.89 m
Schema topologije čvora					

# PRIKAZ PROMJENE PROTOKA POMOĆU "COLOR CODING" OPCIJE - VARIJANTA 1 M1:10 000

a) Potrošnja vode upola manja od maksimalne  
satne potrošnje vode - 20 h

b) Maksimalna satna potrošnja vode - 7 h



"COLOR CODING"  
LEGENDA  
PROTOK (l/s)

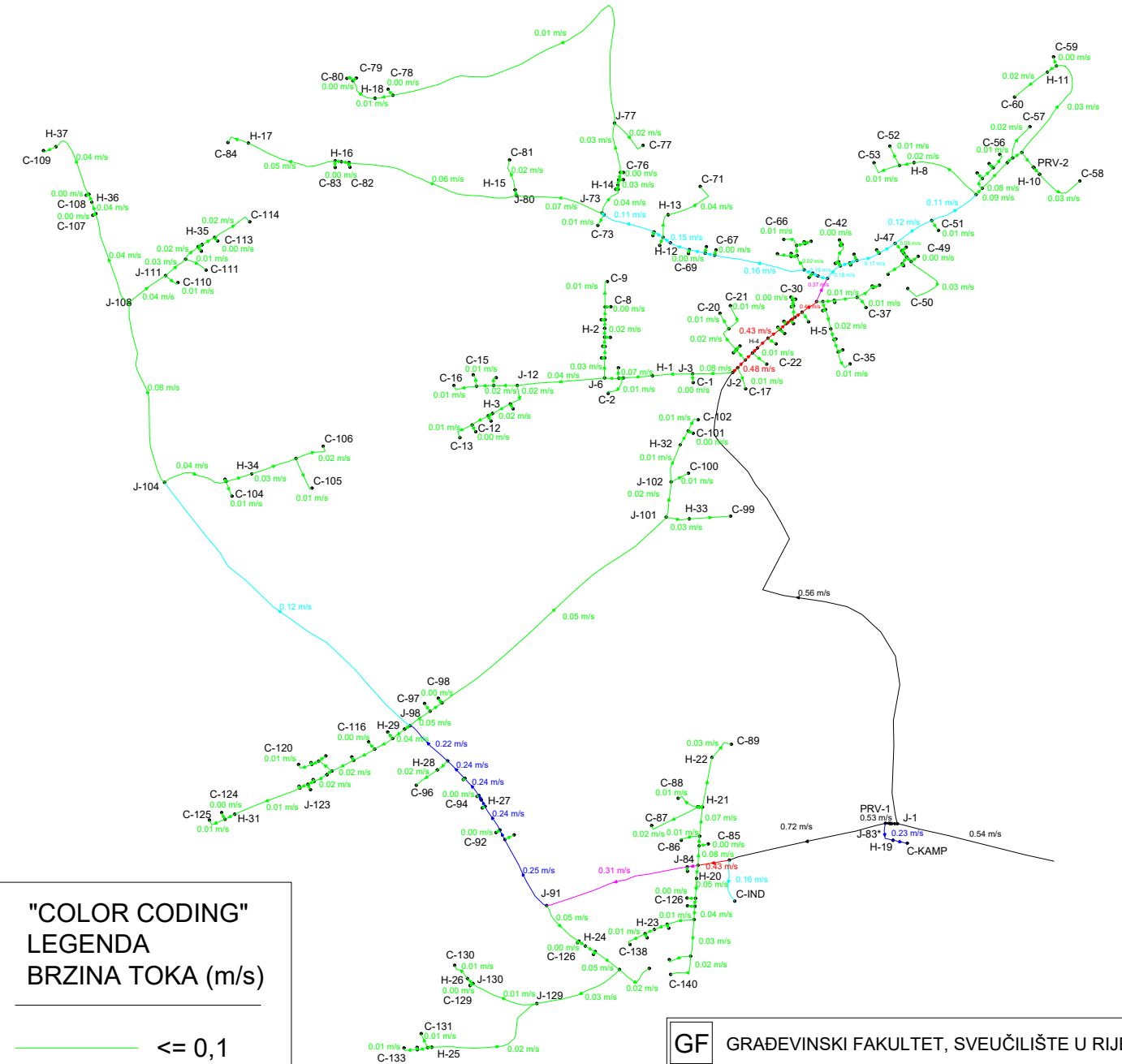
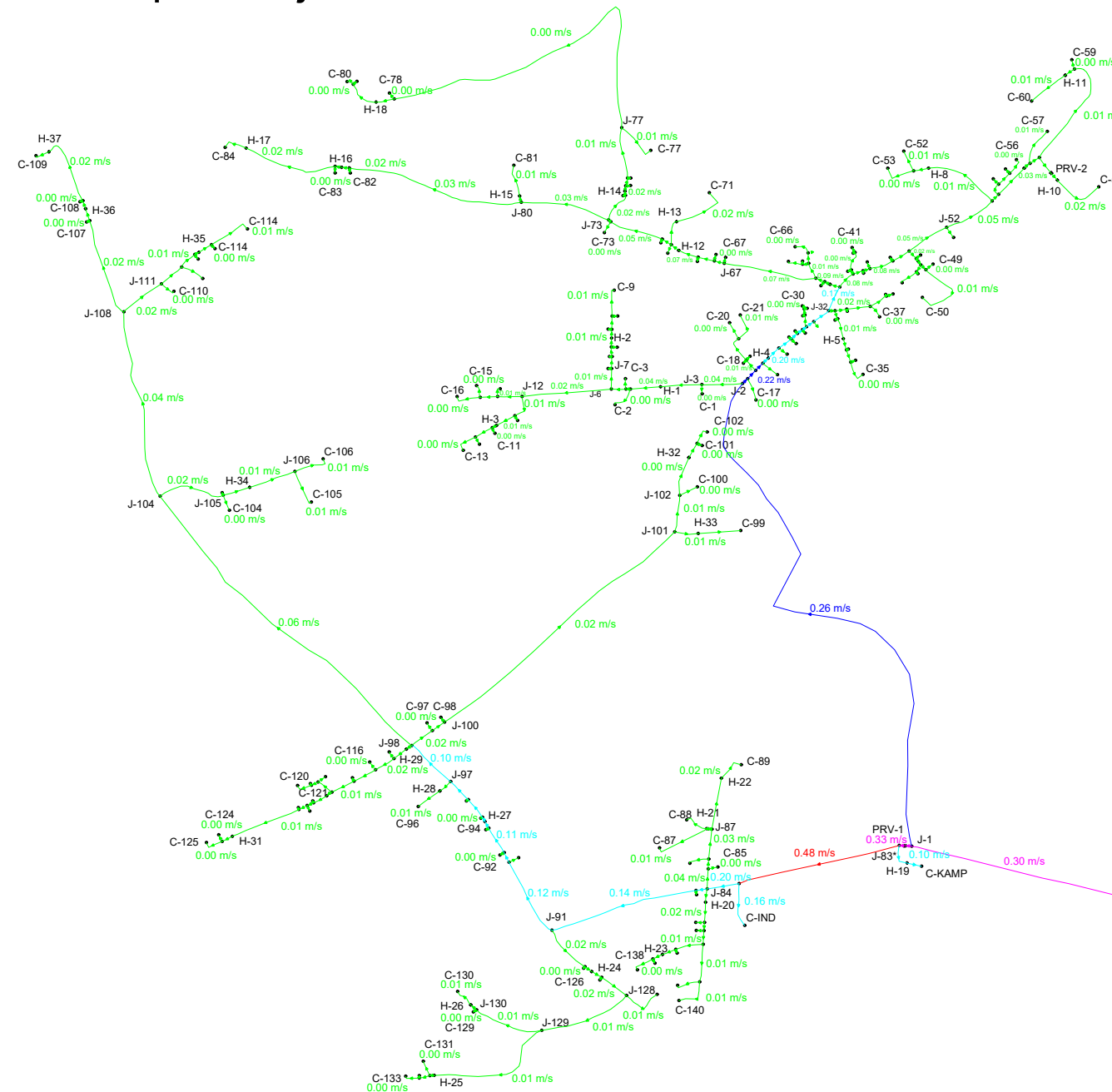
<span style="color: green;">—</span>	$\leq 0,25$
<span style="color: cyan;">—</span>	$\leq 1$
<span style="color: blue;">—</span>	$\leq 2$
<span style="color: magenta;">—</span>	$\leq 4$
<span style="color: red;">—</span>	$\leq 8$
<span style="color: black;">—</span>	$\leq$ ostalo

<b>GF GRAĐEVINSKI FAKULTET, SVEUČILIŠTE U RIJECI</b>			
Diplomski rad <b>IDEJNO RJEŠENJE SANACIJE I PROŠIRENJA VODOOPSKRBNOG SUSTAVA NASELJA ČEPIĆ PRIMJENOM WATERCAD VSI RAČUNALNOG PROGRAMA</b>		Sadržaj nacrt: <b>PRIKAZ PROMJENE PROTOKA POMOĆU "COLOR CODING" OPCIJE - VARIJANTA 1</b>	
Student: <b>Tedi Cvečić</b>		Kolegiji: <b>VODOOPSKRBA I KONDICIONIRANJE VODA</b>	
Mentor: Doc. dr. sc. Elvīs Žić	Datum: 12.2022.	Mjerilo: 1:10 000	List: 7

# PRIKAZ PROMJENE BRZINE TOKA VODE POMOĆU "COLOR CODING" OPCIJE - VARIJANTA 1 M1:10 000

a) Potrošnja vode upola manja od maksimalne  
satne potrošnje vode - 20 h

b) Maksimalna satna potrošnja vode - 7 h



"COLOR CODING"  
LEGENDA  
BRZINA TOKA (m/s)

- ≤ 0,1
- ≤ 0,2
- ≤ 0,3
- ≤ 0,4
- ≤ 0,5
- ≤ ostalo

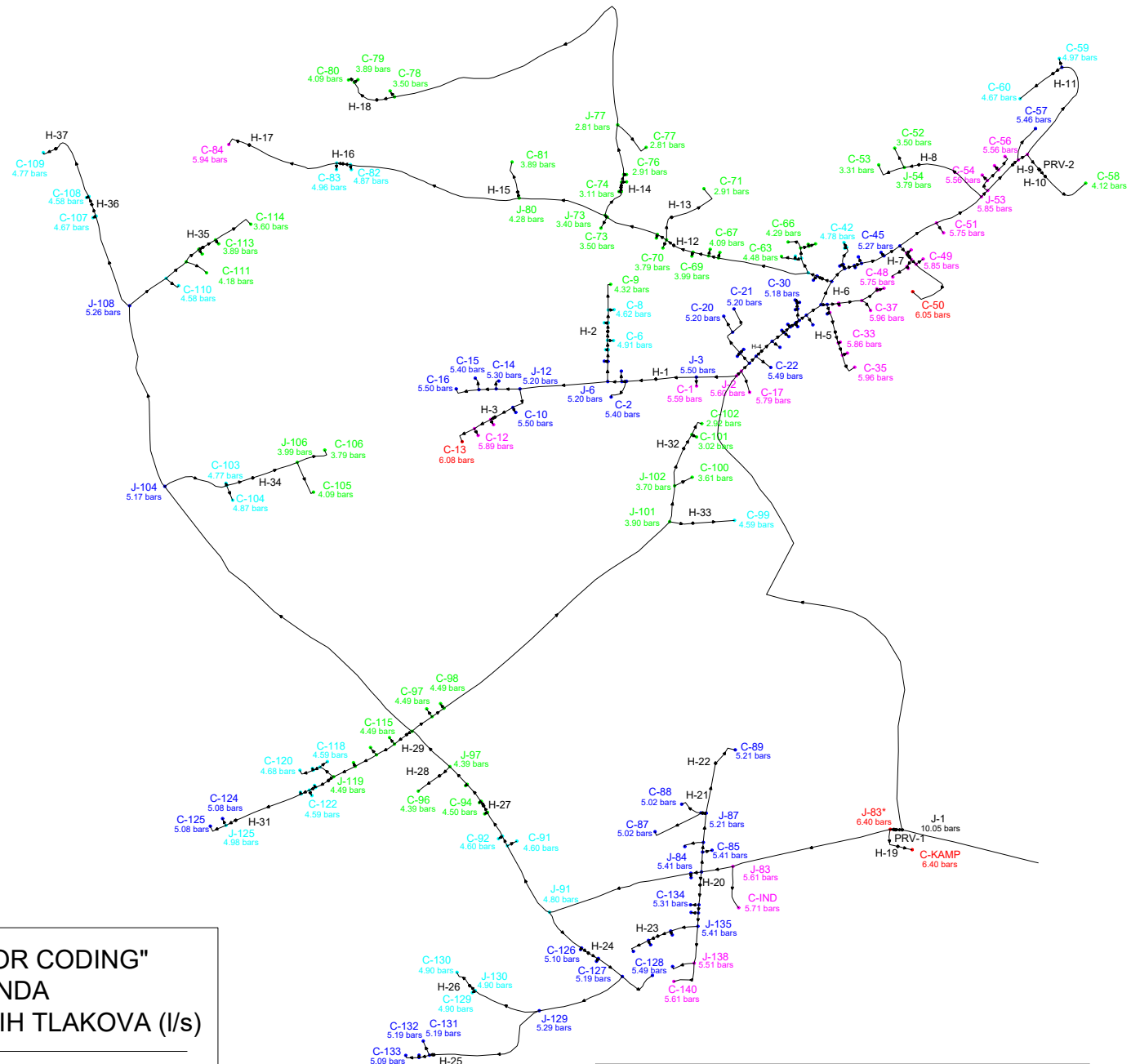
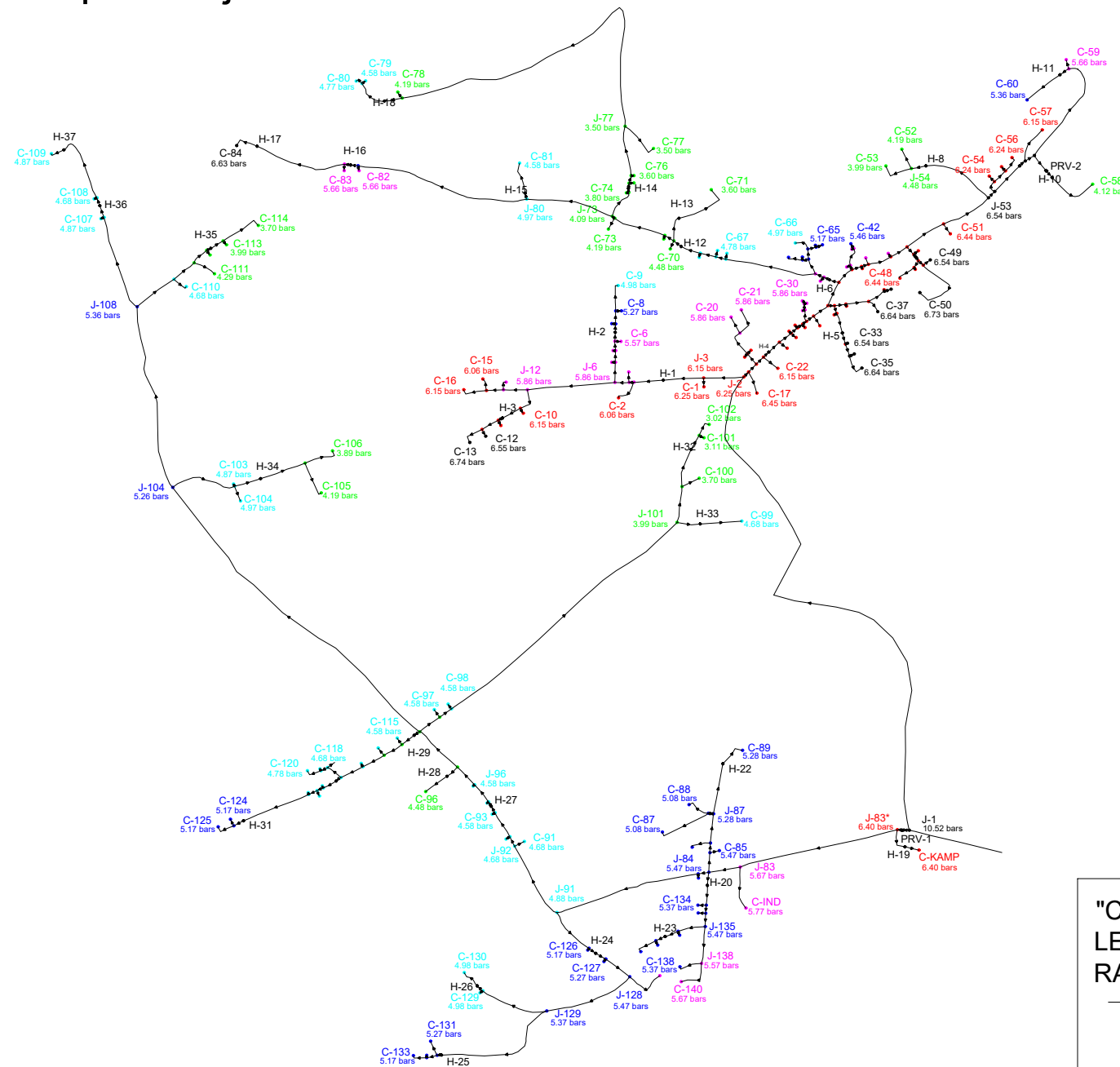
GF GRAĐEVINSKI FAKULTET, SVEUČILIŠTE U RIJECI

Diplomski rad IDEJNO RJEŠENJE SANACIJE I PROŠIRENJA VODOOPSKRBNOG SUSTAVA NASELJA ČEPIĆ PRIMJENOM WATERCAD VSI RAČUNALNOG PROGRAMA		Sadržaj nacrt: PRIKAZ PROMJENE BRZINE TOKA VODE POMOĆU "COLOR CODING" OPCIJE - VARIJANTA 1	
Student: Tedi Cvečić		Kolegij: VODOOPSKRBA I KONDICIONIRANJE VODA	
Mentor: Doc. dr. sc. Elvis Žic	Datum: 12.2022.	Mjerilo: 1:10 000	List: 8

# PRIKAZ PROMJENE RADNIH TLAKOVA POMOĆU "COLOR CODING" OPCIJE - VARIJANTA 1 M1:10 000

a) Potrošnja vode upola manja od maksimalne  
satne potrošnje vode - 20 h

b) Maksimalna satna potrošnja vode - 7 h



"COLOR CODING"  
LEGENDA  
RADNIH TLAKOVA (l/s)

- ≤ 4,5
- ≤ 5
- ≤ 5,5
- ≤ 6
- ≤ 6,5
- ≤ ostalo

<b>GF GRAĐEVINSKI FAKULTET, SVEUČILIŠTE U RIJECI</b>			
Diplomski rad <b>IDEJNO RJEŠENJE SANACIJE I PROŠIRENJA VODOOPSKRBNOG SUSTAVA NASELJA ČEPIĆ PRIMJENOM WATERCAD VSI RAČUNALNOG PROGRAMA</b>		Sadržaj nacrt: <b>PRIKAZ PROMJENE RADNIH TLAKOVA POMOĆU "COLOR CODING" OPCIJE - VARIJANTA 1</b>	
Student: <b>Tedi Cvečić</b>		Kolegij: <b>VODOOPSKRBA I KONDICIONIRANJE VODA</b>	
Mentor: Doc. dr. sc. <b>Elvis Žic</b>	Datum: 12.2022.	Mjerilo: 1:10 000	List: 9











# SITUACIJSKI PRIKAZ - VARIJANTA 2 M1:20 000

## LEGENDA:

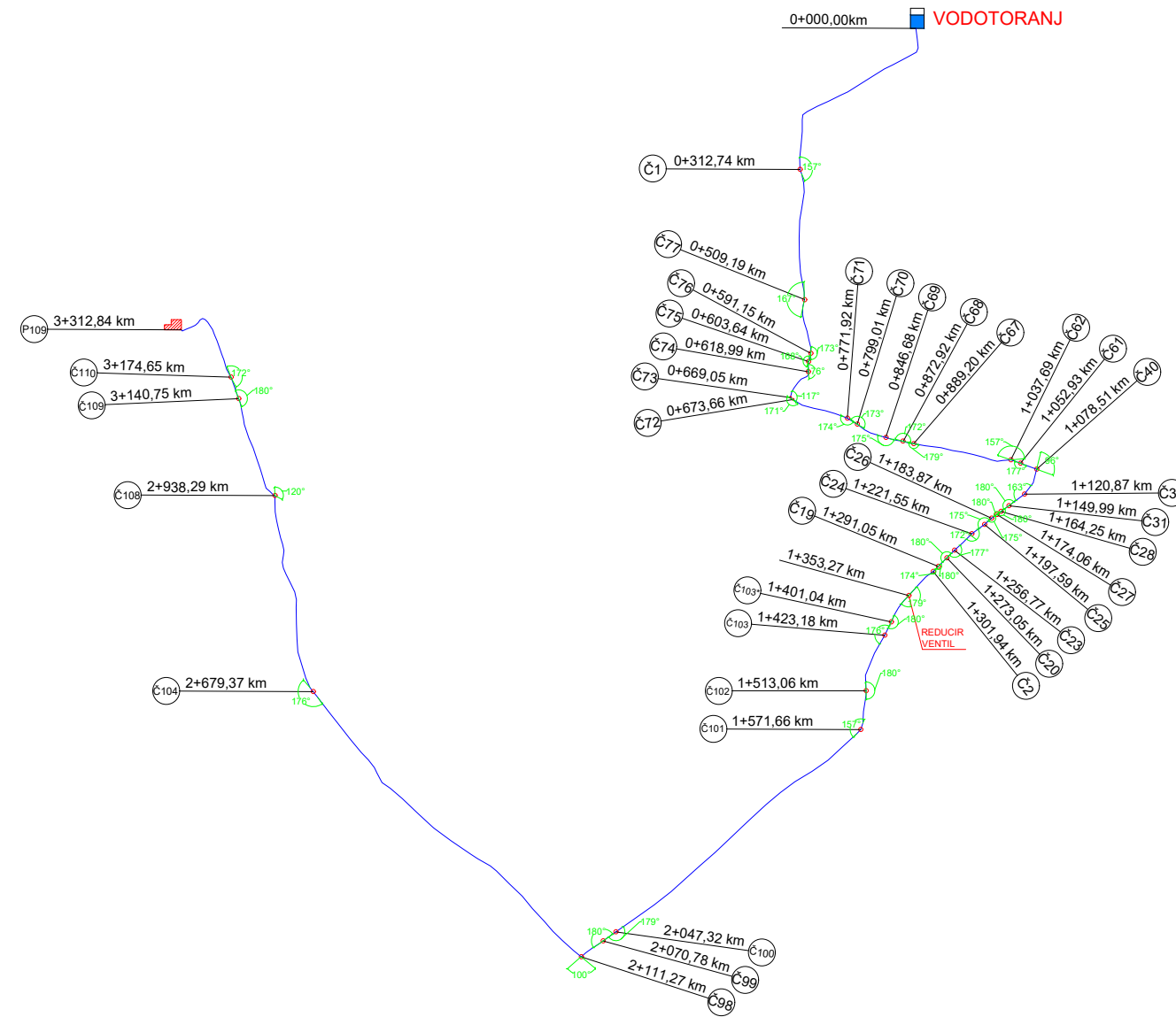
- glavni cjevovod
- dotok vode od izvorišta do vodotornja
- čvor
- P potrošač
- ⊠ reducir ventil

IZVORIŠTE  
277 m.n.m.

<b>GF</b> GRAĐEVINSKI FAKULTET, SVEUČILIŠTE U RIJECI		
Diplomski rad	Sadržaj nacrt:	
IDEJNO RJEŠENJE SANACIJE I PROŠIRENJA VODOOPSKRBNOG SUSTAVA NASELJA ČEPIĆ PRIMJENOM WATERCAD V8I RAČUNALNOG PROGRAMA	SITUACIJSKI PRIKAZ VODOOPSKRBNOG SUSTAVA NASELJA ČEPIĆ - VARIJANTA 2	
Student:	Kolegij:	
Tedi Cvečić	VODOOPSKRBA I KONDICIONIRANJE VODA	
Mentor:	Datum:	Mjerilo:
Doc. dr. sc. Elvis Žić	10.2022.	1:20 000
	List:	
	10	

1,000 1,500 2,000 2,500 3,000 3,500 4,000 4,500 5,000 5,500 6,000 6,500 7,000 7,500 8,000 m

# PLAN ISKOLČENJA GLAVNOG CJEVOVODA - VARIJANTA 2 M1:10 000





GF GRAĐEVINSKI FAKULTET, SVEUČILIŠTE U RIJECI			
Diplomski rad		Sadržaj nacrt:	
<b>IDEJNO RJEŠENJE SANACIJE I PROŠIRENJA VODOOPSKRBNOG SUSTAVA NASELJA ČEPIĆ PRIMJENOM WATERCAD VSI RAČUNALNOG PROGRAMA</b>		<b>PLAN ISKOLČENJA GLAVNOG CJEVOVODA - VARIJANTA 2</b>	
Student:		Kolegij:	
Tedi Cvečić		VODOOPSKRBA I KONDICIONIRANJE VODA	
Mentor:		Datum:	Mjerilo:
Doc. dr. sc. Elvis Žic		10.2022.	1:10 000
		List:	
		11	

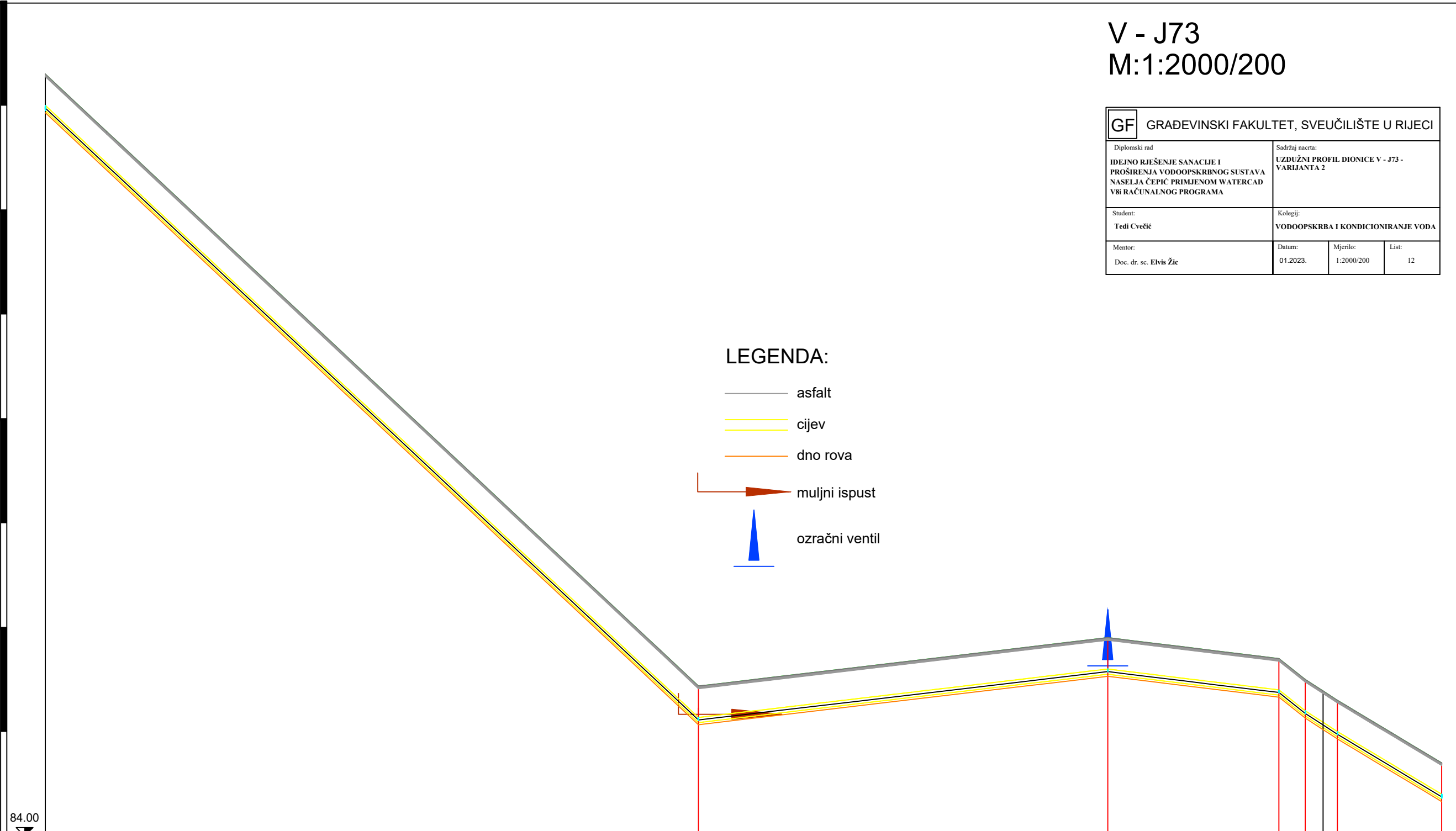
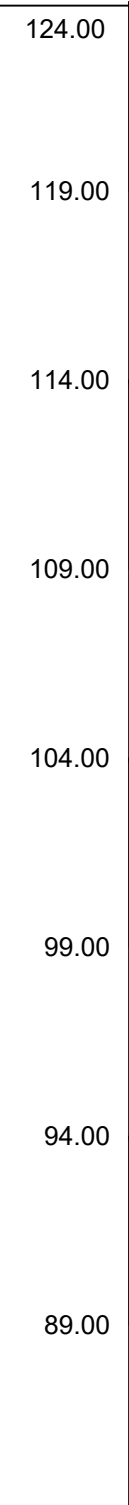
# V - J73

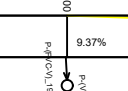
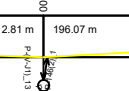
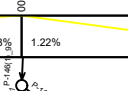
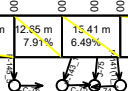
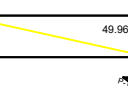

## M:1:2000/200

GF GRAĐEVINSKI FAKULTET, SVEUČILIŠTE U RIJECI			
Diplomski rad IDEJNO RJEŠENJE SANACIJE I PROŠIRENJA VODOOPSKRBNOG SUSTAVA NASELJA ČEPIĆ PRIMJENOM WATERCAD V8I RAČUNALNOG PROGRAMA		Sadržaj nacrt: UZDUŽNI PROFIL DIONICE V - J73 - VARIJANTA 2	
Student: Tedi Cvečić		Kolegij: VODOOPSKRBA I KONDICIONIRANJE VODA	
Mentor: Doc. dr. sc. Elvis Žic	Datum: 01.2023.	Mjerilo: 1:2000/200	List: 12

### LEGENDA:

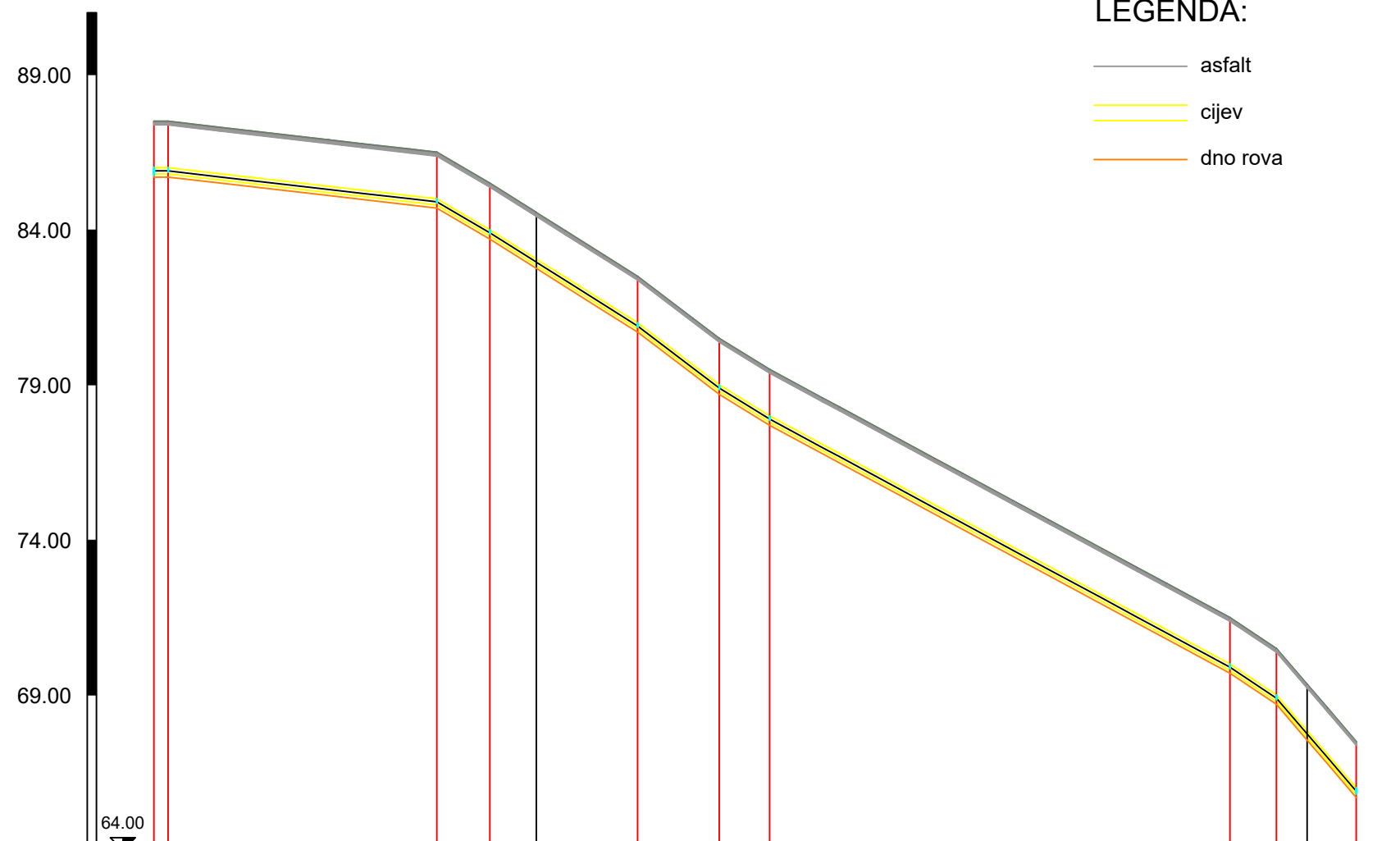
-  asfalt
-  cijev
-  dno rova
-  muljni ispuš
-  ozračni ventil



Naziv	V	J-1	J-77	J-76	J-75	H-14	J-74	J-73
Visina terena [m n.m.]	120.50	91.18	93.50	92.50	91.50	90.95	90.50	87.50
Visina nivelete [m n.m.]	118.88	89.96	91.88	90.88	89.88	89.32	88.88	86.88
Dubina nivelete [m]	1.63	1.63	1.63	1.63	1.63	1.63	1.63	1.63
Visina dna rova [m n.m.]	118.65	89.33	91.65	90.65	89.65	89.10	88.65	86.65
Dubina dna rova [m]	1.85	1.85	1.85	1.85	1.85	1.85	1.85	1.85
Duljina dionice [m]		312.81	196.07	81.94	12.65	8.56	6.86	49.96
Pad [%]		9.37	-1.18	1.22	7.91	6.49	6.00	
Materijal		Duktil	Duktil	Duktil	Duktil	Duktil	Duktil	Duktil
Nazivni promjer ili širina [mm]				250.00				
Horizontalni kut - Otklon								
Vertikalni kut - Otklon								
Visina piezometra [m]								
Stacionaže čvorova	0+000	0+312.81	0+508.88	0+590.83	0+603.47	0+612.03	0+618.88	0+668.84
Duljina/Pad		312.81 m / 9.37%	196.07 m / -1.18%	81.94 m / 1.22%	12.65 m / 7.91%	8.56 m / 6.49%	6.86 m / 6.00%	49.96 m / 6.00%
Schema topologije čvora								

LEGENDA:

- asfalt
- cijev
- dno rova



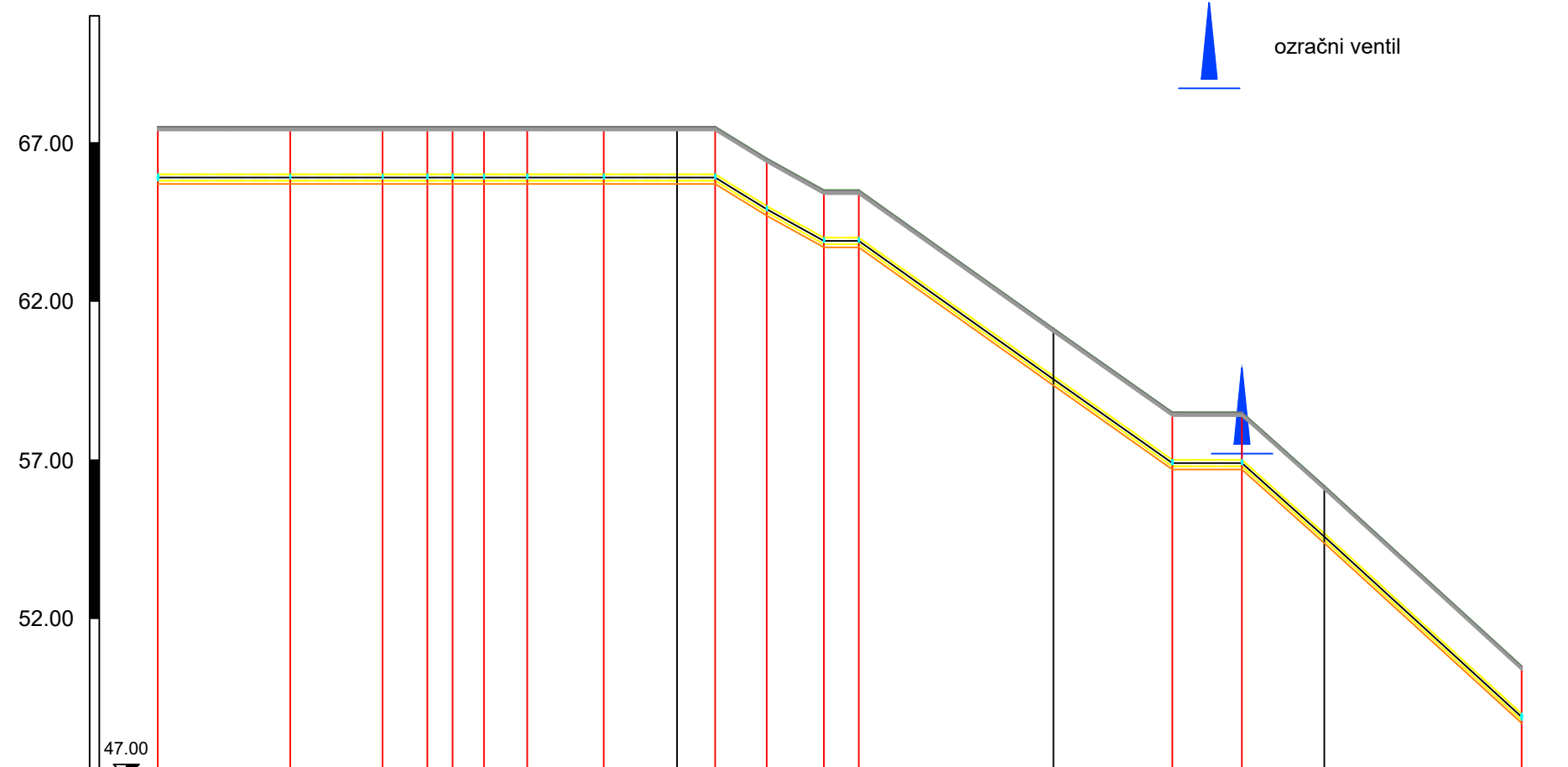
Naziv	J-73 J-72	J-71	J-70	H-12	J-69	J-68	J-67	J-62	J-61	H-6	J-40
Visina terena [m n.m.]	87.50 87.50	86.50	85.50	84.56	82.50	80.50	79.50	71.50	70.50	69.35	67.50
Visina nivelete [m n.m.]	85.90 85.90	84.90	83.90	82.96	80.90	78.90	77.90	69.90	68.90	67.75	65.90
Dubina nivelete [m]	1.60 1.60	1.60	1.60	1.60	1.60	1.60	1.60	1.60	1.60	1.60	1.60
Visina dna rova [m n.m.]	86.70 86.70	84.70	83.70	82.76	80.70	78.70	77.70	68.70	68.70	67.55	66.70
Dubina dna rova [m]	1.80 1.80	1.80	1.80	1.80	1.80	1.80	1.80	1.80	1.80	1.80	1.80
Duljina dionice [m]	4.62	86.67	17.10	14.99	32.71	26.30	16.27	148.49	15.05	9.87	15.82
Pad [%]	0.00	1.15	5.85	6.29	7.60	6.15	5.39	6.64	11.67		
Materijal	Duktil										
Nazivni promjer ili širina [mm]	200.00										
Horizontalni kut - Otklon	8.86°		-4.53°	-3.01°	34.61°	2.84°	0.16°	3.12°	27.84°	-4.68°	4.52°
Vertikalni kut - Otklon	0.66°		2.68°	0.25°	-0.00°	0.75°	0.63°	0.43°	0.72°	2.86°	-0.00°
Visina piezometra [m]	119.17 119.13	118.78	118.71	118.71	118.52	118.41	118.35	117.76	117.69	117.06	117.99
Stacionaže čvorova	000+000.00 000+004.62	000+091.29	000+108.39	000+123.39	000+156.10	000+182.40	000+198.66	000+347.15	000+362.21	000+372.08	000+387.90
Duljina/Pad	4.62 m 0.00%	86.67 m 1.15%	17.10 m 5.85%	14.99 m 6.29%	32.71 m 7.60%	26.30 m 6.15%	16.27 m 5.39%	148.49 m 6.64%	15.05 m 11.67%	9.87 m	15.82 m
Shema topologije čvora											

<b>GF</b> GRAĐEVINSKI FAKULTET, SVEUČILIŠTE U RIJECI Diplomski rad <b>IDEJNO RJEŠENJE SANACIJE I PROŠIRENJA VODOOPSKRBNOG SUSTAVA NASELJA ČEPIĆ PRIMJENOM WATERCAD V8I RAČUNALNOG PROGRAMA</b>		Sadržaj nacrti:	
		UZDUŽNI PROFIL DIONICE J73 - J40 - VARIJANTA 2	
Student: <b>Tedi Cvečić</b>		Kolegij: <b>VODOOPSKRBA I KONDICIONIRANJE VODA</b>	
Mentor: Doc. dr. sc. <b>Elvis Žic</b>	Datum: 01.2023.	Mjerilo: 1:2000/200	List: 13



LEGENDA:

-  asfalt
-  cijev
-  dno rova
-  ozračni ventil

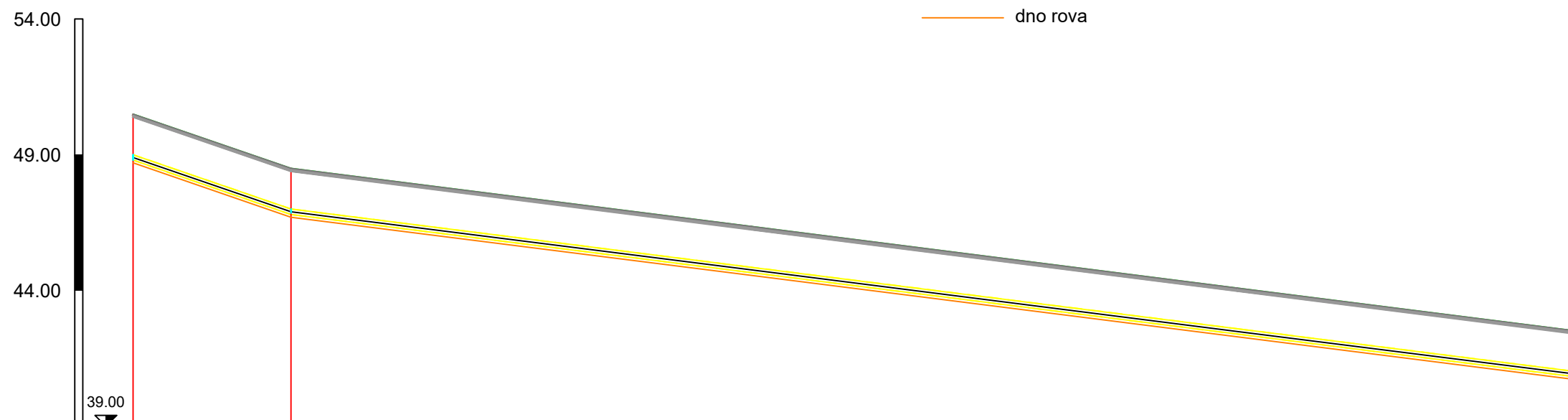


Naziv	J-40	J-32	J-31	J-28	J-27	J-26	J-25	J-24	H-4	J-23	J-20	J-19	J-2	REDUCIR	J-103*	J-103	H-32	J-102	
Visina terena [m n.m.]	67.50	67.50	67.50	67.50	67.50	67.50	67.50	67.50	67.50	67.50	66.50	65.50	65.50	61.15	58.50	58.50	56.18	50.50	
Visina nivelete [m n.m.]	65.90	65.90	65.90	65.90	65.90	65.90	65.90	65.90	65.90	65.90	64.90	63.90	63.90	59.55	56.90	56.90	54.58	46.90	
Dubina nivelete [m]	1.60	1.60	1.60	1.60	1.60	1.60	1.60	1.60	1.60	1.60	1.60	1.60	1.60	1.60	1.60	1.60	1.60	1.60	
Visina dna rova [m n.m.]	65.70	65.70	65.70	65.70	65.70	65.70	65.70	65.70	65.70	65.70	64.70	63.70	63.70	59.35	56.70	56.70	54.38	48.70	
Dubina dna rova [m]	1.80	1.80	1.80	1.80	1.80	1.80	1.80	1.80	1.80	1.80	1.80	1.80	1.80	1.80	1.80	1.80	1.80	1.80	
Duljina dionice [m]		41.69	29.16	14.14	7.94	9.90	13.66	24.16	23.12	12.00	16.20	18.09	10.97	61.38	37.53	21.96	26.00	62.20	
Pad [%]				0.00							6.17	5.53	0.00	7.09	7.05	0.00	8.93	9.13	
Materijal	Duktil																		
Nazivni promjer ili širina [mm]	200.00																		
Horizontalni kut - Otklon															0.03°	14.80°	4.67°	-3.92°	-0.11°
Vertikalni kut - Otklon																			
Visina piezometra [m]	117.59	117.49	117.41	117.38	117.35	117.33	117.29	117.23	117.15	117.11	117.06	117.03	86.84	86.79	86.61				
Stacionaže čvorova	0+00.00	0+41.69	0+70.85	0+84.99	0+92.92	0+102.82	0+116.48	0+140.64	0+163.76	0+175.76	0+191.85	0+210.04	0+221.01	0+282.39	0+319.92	0+341.88	0+367.89	0+430.09	
Duljina/Pad		175.76 m							16.20 m	18.09 m	10.97 m		7.09%	61.38 m	37.53 m	21.96 m	26.00 m	62.20 m	
Schema topologije čvora																			

<b>GF</b> GRAĐEVINSKI FAKULTET, SVEUČILIŠTE U RIJECI Diplomski rad <b>IDEJNO RJEŠENJE SANACIJE I PROŠIRENJA VODOOPSKRBNOG SUSTAVA NASELJA ČEPIĆ PRIMJENOM WATERCAD V8I RAČUNALNOG PROGRAMA</b>		Sadržaj nacrt:	
		UZDUŽNI PROFIL DIONICE J40 - J102 - VARIJANTA 2	
Student: <b>Tedi Cvečić</b>		Kolegij: <b>VODOOPSKRBA I KONDICIONIRANJE VODA</b>	
Mentor: Doc. dr. sc. <b>Elvis Žic</b>	Datum: 01.2023.	Mjerilo: 1:2000/200	List: 14

LEGENDA:

- asphalt
- cijev
- dno rova



Naziv	J-102	J-101	J-100
Visina terena [m n.m.]	50.50	48.50	42.50
Visina nivelete [m n.m.]	48.90	46.90	40.90
Dubina nivelete [m]	1.60	1.60	1.60
Visina dna rova [m n.m.]	48.70	46.70	40.70
Dubina dna rova [m]	1.80	1.80	1.80
Duljina dionice [m]		58.32	474.95
Pad [%]		3.43	1.26
Materijal	Duktil		Duktil
Nazivni promjer ili širina [mm]	200.00		
Horizontalni kut - Otklon			
Vertikalni kut - Otklon	1.24° - 43.80°		
Visina piezometra [m]	86.61	86.49	85.78
Stacionaže čvorova	0+000.00	0+058.32	0+533.27
Duljina/Pad	3.43%	58.32 m	474.95 m
Schema topologije čvora			

<b>GF</b> GRAĐEVINSKI FAKULTET, SVEUČILIŠTE U RIJECI			
Diplomski rad		Sadržaj nacrt:	
IDEJNO RJEŠENJE SANACIJE I PROŠIRENJA VODOOPSKRBNOG SUSTAVA NASELJA ČEPIĆ PRIMJENOM WATERCAD V8I RAČUNALNOG PROGRAMA		UZDUŽNI PROFIL DIONICE J102 - J100 - VARIJANTA 2	
Student: <b>Tedi Cvečić</b>		Kolegij: <b>VODOOPSKRBA I KONDICIONIRANJE VODA</b>	
Mentor: Doc. dr. sc. <b>Elvis Žic</b>	Datum: 01.2023.	Mjerilo: 1:2000/200	List: 15

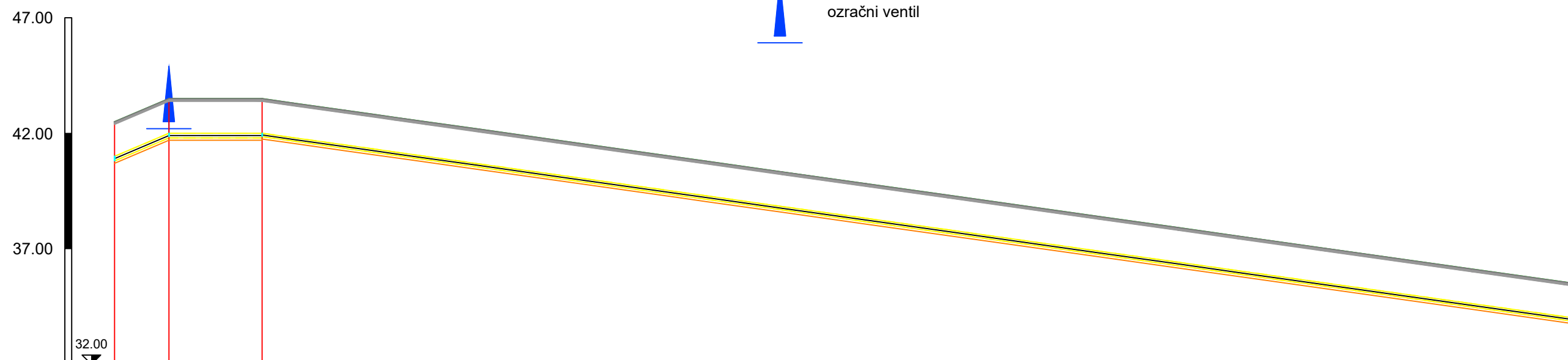
# J100 - J104





## M1:2000/200

GF GRAĐEVINSKI FAKULTET, SVEUČILIŠTE U RIJECI			
Diplomski rad IDEJNO RJEŠENJE SANACIJE I PROŠIRENJA VODOOPSKRBNOG SUSTAVA NASELJA ČEPIĆ PRIMJENOM WATERCAD V8I RAČUNALNOG PROGRAMA		Sadržaj nacrt: UZDUŽNI PROFIL DIONICE J100 - J104 - VARIJANTA 2	
Student: Tedi Cvečić		Kolegij: VODOOPSKRBA I KONDICIONIRANJE VODA	
Mentor: Doc. dr. sc. Elvis Žic	Datum: 01.2023.	Mjerilo: 1:2000/200	List: 16

### LEGENDA:

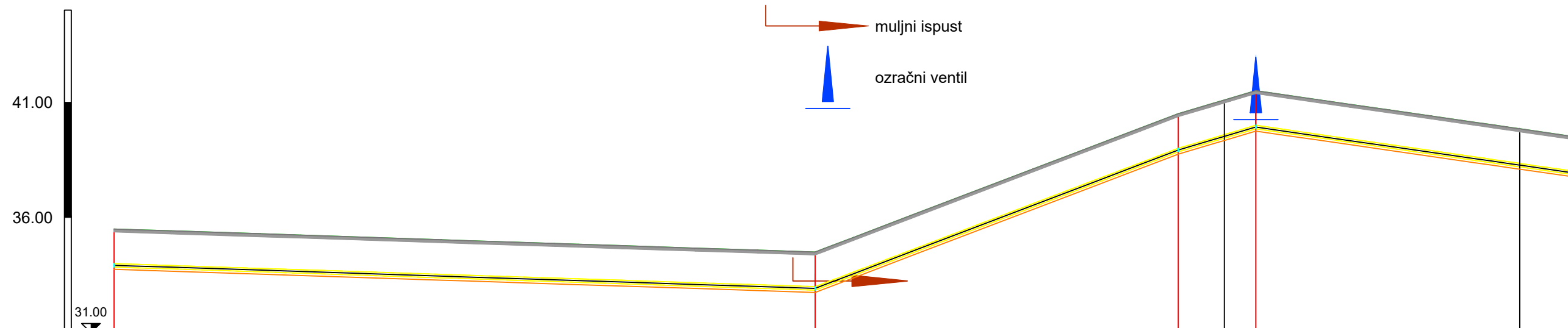
-  asfalt
-  cijev
-  dno rova
-  ozračni ventil



Naziv	J-100	J-99	J-98	J-104
Visina terena [m n.m.]	42.50	43.50	43.50	35.50
Visina nivelete [m n.m.]	40.90	41.90	41.90	33.92
Dubina nivelete [m]	1.60	1.60	1.60	1.58
Visina dna rova [m n.m.]	40.70	41.70	41.70	33.75
Dubina dna rova [m]	1.80	1.80	1.75	1.75
Duljina dionice [m]		23.54	40.31	568.04
Pad [%]		-4.25	0.00	1.41
Materijal	Duktil			Duktil
Nazivni promjer ili širina [mm]	200.00			150.00
Horizontalni kut - Otklon		0.79°	-74.90°	
Vertikalni kut - Otklon		-2.43°	-0.81°	
Visina piezometra [m]	85.78	85.75	85.68	83.98
Stacionaže čvorova	0+000.00	0+023.54	0+063.85	0+631.90
Duljina/Pad	23.54 m / 4.25%	40.31 m / 0.00%		568.04 m / 1.41%
Schema topologije čvora				

LEGENDA:

- asfalt
- cijev
- dno rova
- muljni ispust
- ozračni ventil



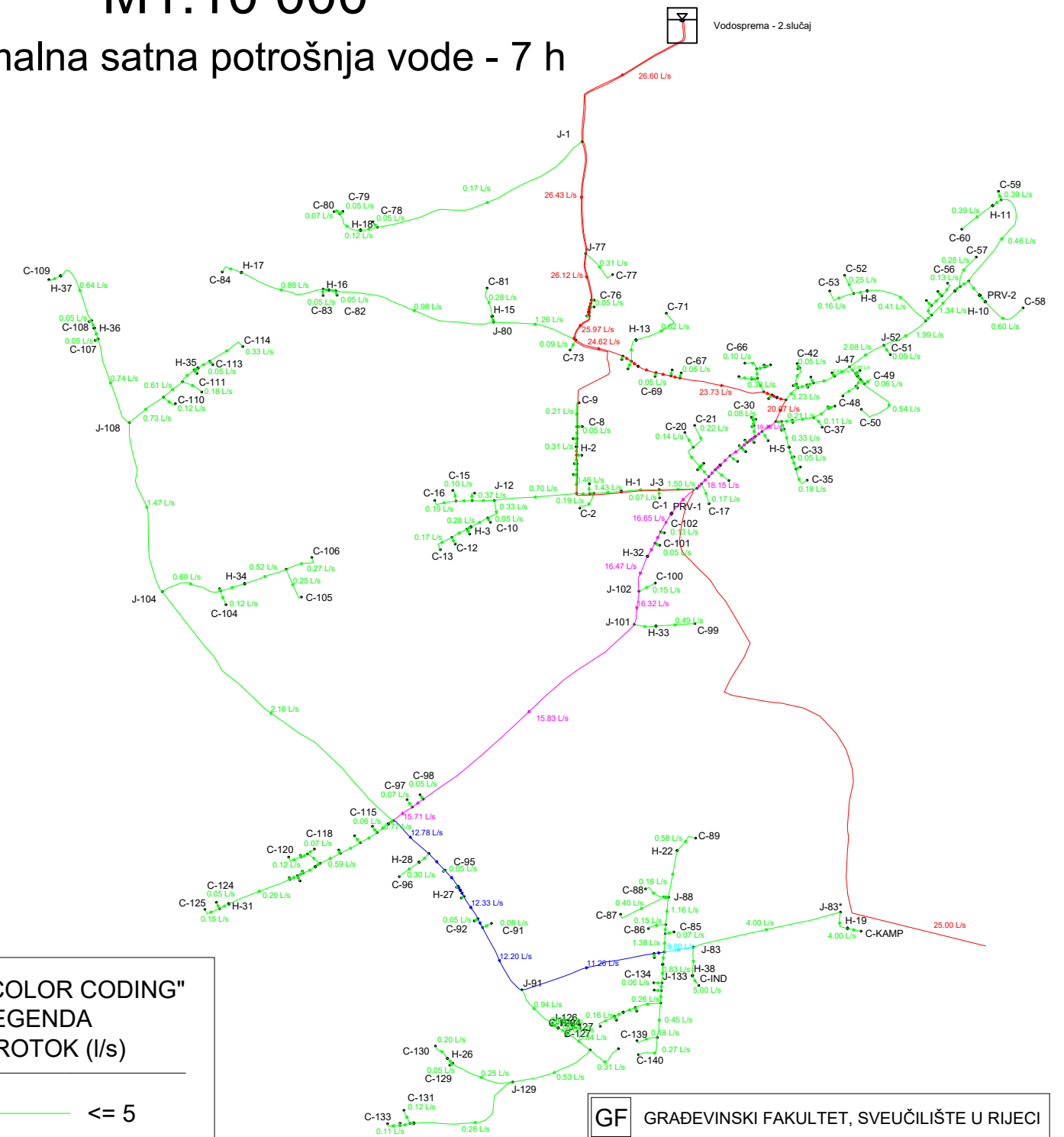
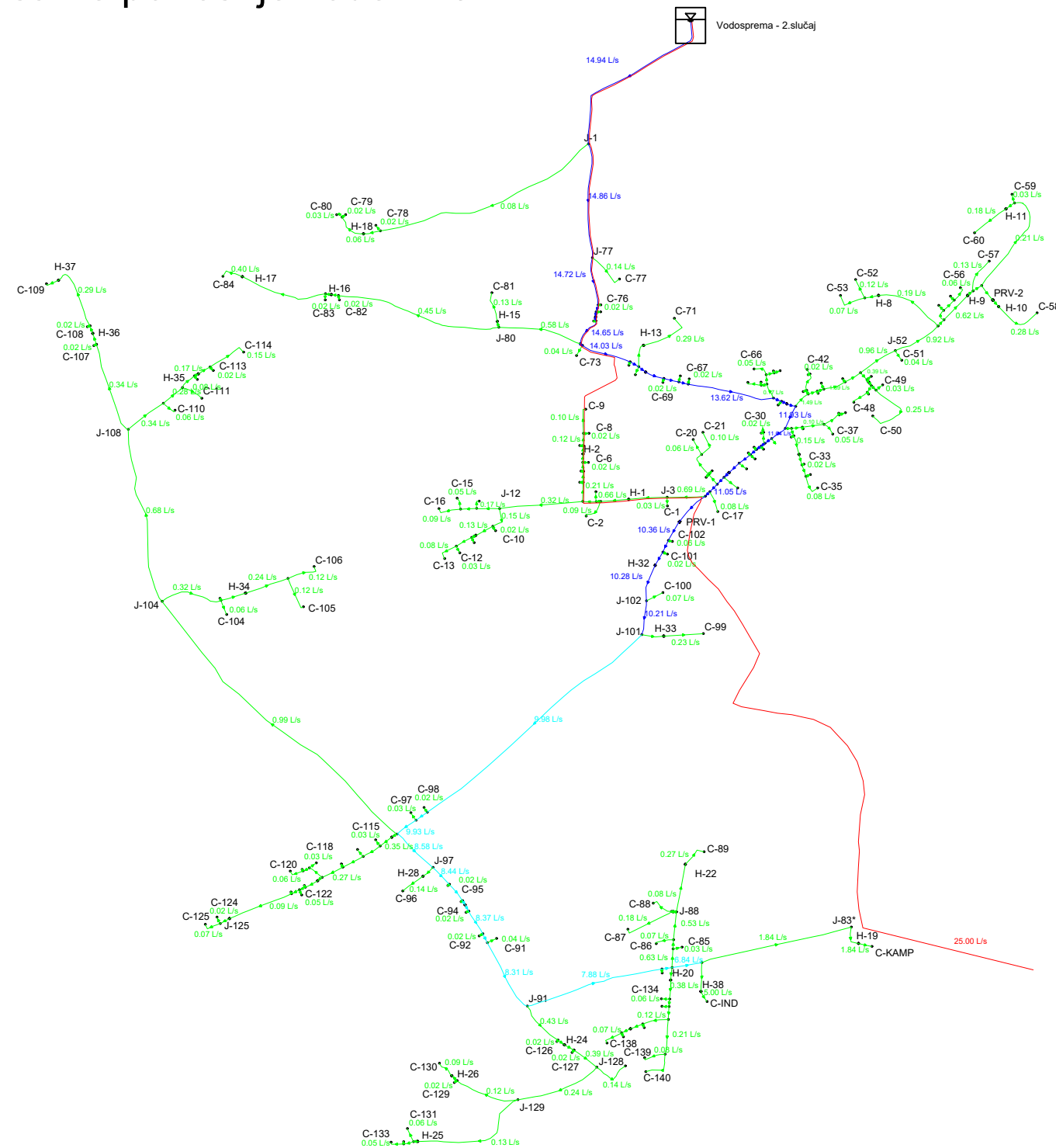
Naziv	J-104	J-108	J-109	H-36	J-110	H-37	C-109
Visina terena [m n.m.]	35.50	34.50	40.50	41.09	41.50	39.85	39.50
Visina nivelete [m n.m.]	33.92	32.92	38.92	39.52	38.92	38.27	37.92
Dubina nivelete [m]	1.58	1.58	1.58	1.58	1.58	1.58	1.58
Visina dna rova [m n.m.]	33.75	32.75	38.75	38.34	38.75	38.10	37.75
Dubina dna rova [m]	1.75	1.75	1.75	1.75	1.75	1.75	1.75
Duljina dionice [m]		304.03	157.48	20.01	13.68	114.48	24.04
Pad [%]		0.33	-3.81		-2.97		1.44
Materijal		Duktil			Duktil		
Nazivni promjer ili širina [mm]		150			150.00		
Horizontalni kut - Otklon							
Vertikalni kut - Otklon							
Visina piezometra [m]							
Stacionaže čvorova							
Duljina/Pad		304.03 m	157.48 m	33.69 m		138.52 m	
Shema topologije čvora							

<b>GF GRAĐEVINSKI FAKULTET, SVEUČILIŠTE U RIJECI</b>			
Diplomski rad		Sadržaj nacrt:	
IDEJNO RJEŠENJE SANACIJE I PROŠIRENJA VODOOPSKRBNOG SUSTAVA NASELJA ČEPIĆ PRIMJENOM WATERCAD V8I RAČUNALNOG PROGRAMA		UZDUŽNI PROFIL DIONICE J104 - C109 - VARIJANTA 2	
Student: <b>Tedi Cvečić</b>		Kolegij: <b>VODOOPSKRBA I KONDICIONIRANJE VODA</b>	
Mentor: Doc. dr. sc. <b>Elvis Žic</b>	Datum: 01.2023.	Mjerilo: 1:2000/200	List: 17

# PRIKAZ PROMJENE PROTOKA POMOĆU "COLOR CODING" OPCIJE - VARIJANTA 2 M1:10 000

a) Potrošnja vode upola manja od maksimalne satne potrošnje vode - 20 h

b) Maksimalna satna potrošnja vode - 7 h



"COLOR CODING"  
LEGENDA  
PROTOK (l/s)

- <= 5
- <= 10
- <= 15
- <= 20
- <= 30
- <= ostalo

GF GRAĐEVINSKI FAKULTET, SVEUČILIŠTE U RIJECI

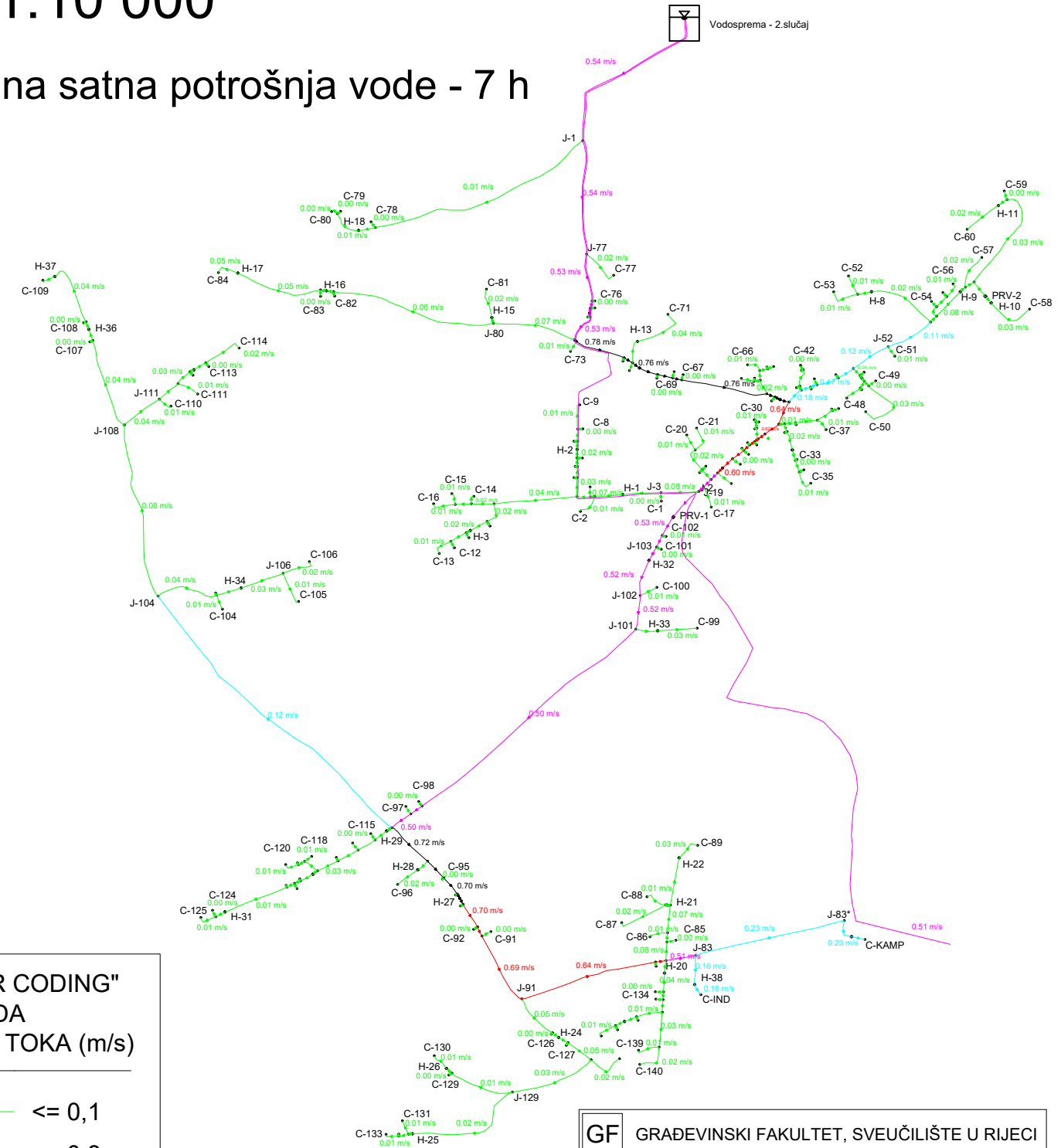
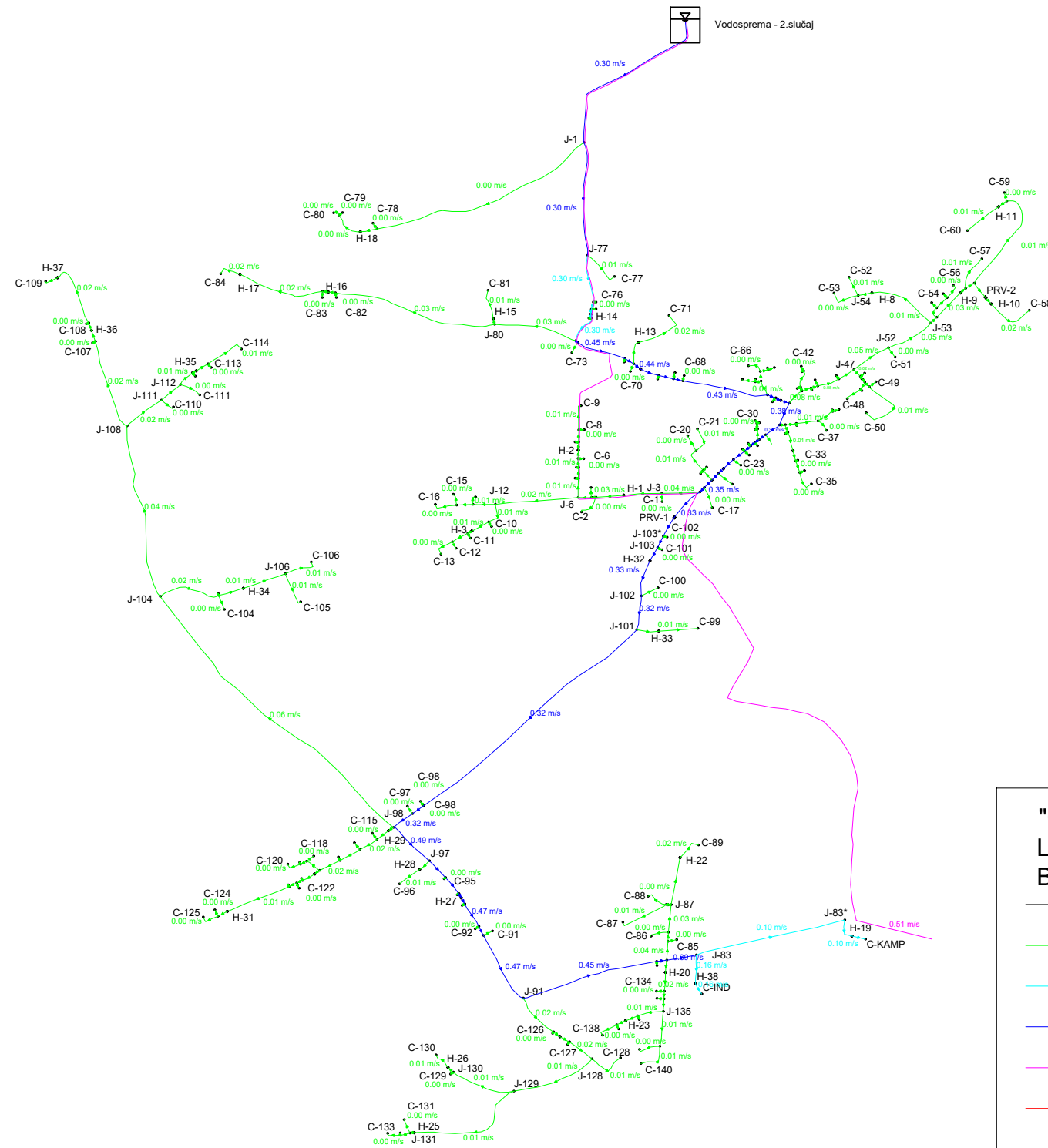
Diplomski rad <b>IDEJNO RJEŠENJE SANACIJE I PROŠIRENJA VODOOPSKRBNOG SUSTAVA NASELJA ČEPIĆ PRIMJENOM WATERCAD VSI RAČUNALNOG PROGRAMA</b>		Sadržaj nacrta: <b>PRIKAZ PROMJENE PROTOKA POMOĆU "COLOR CODING" OPCIJE - VARIJANTA 2</b>	
Student: <b>Tedi Cvečić</b>		Kolegiji: <b>VODOOPSKRBA I KONDICIONIRANJE VODA</b>	
Mentor: Doc. dr. sc. Elvīs Žić	Datum: 12.2022.	Mjerilo: 1:10 000	List: 18

# PRIKAZ PROMJENE BRZINE TOKA VODE POMOĆU "COLOR CODING" OPCIJE - VARIJANTA 2

## M1:10 000

a) Potrošnja vode upola manja od maksimalne satne potrošnje vode - 20 h

b) Maksimalna satna potrošnja vode - 7 h



### "COLOR CODING" LEGENDA BRZINA TOKA (m/s)

- $\leq 0,1$
- $\leq 0,3$
- $\leq 0,5$
- $\leq 0,6$
- $\leq 0,7$
- $\leq \text{ostalo}$

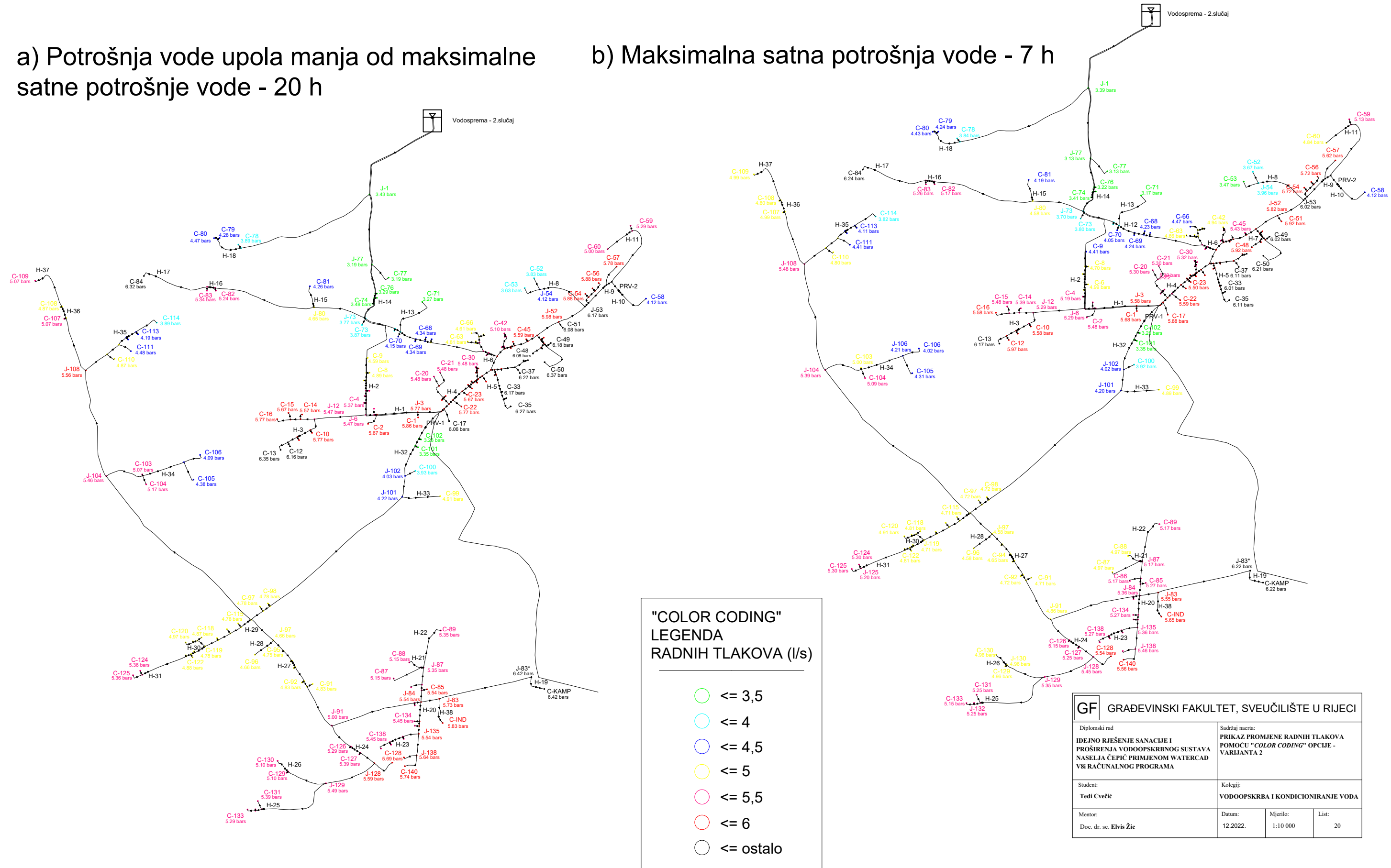
<b>GF GRAĐEVINSKI FAKULTET, SVEUČILIŠTE U RIJECI</b>			
Diplomski rad <b>IDEJNO RJEŠENJE SANACIJE I PROŠIRENJA VODOOPSKRBNOG SUSTAVA NASELJA ČEPIĆ PRIMJENOM WATERCAD VSI RAČUNALNOG PROGRAMA</b>		Sadržaj nacrt: <b>PRIKAZ PROMJENE BRZINE TOKA VODE POMOĆU "COLOR CODING" OPCIJE - VARIJANTA 2</b>	
Student: <b>Tedi Cvečić</b>		Kolegij: <b>VODOOPSKRBA I KONDICIONIRANJE VODA</b>	
Mentor: Doc. dr. sc. Elvis Žic		Datum: 12.2022.	Mjerilo: 1:10 000
			List: 19

# PRIKAZ PROMJENE RADNIH TLAKOVA POMOĆU "COLOR CODING" OPCIJE - VARIJANTA 2

## M1:10 000

a) Potrošnja vode upola manja od maksimalne satne potrošnje vode - 20 h

b) Maksimalna satna potrošnja vode - 7 h

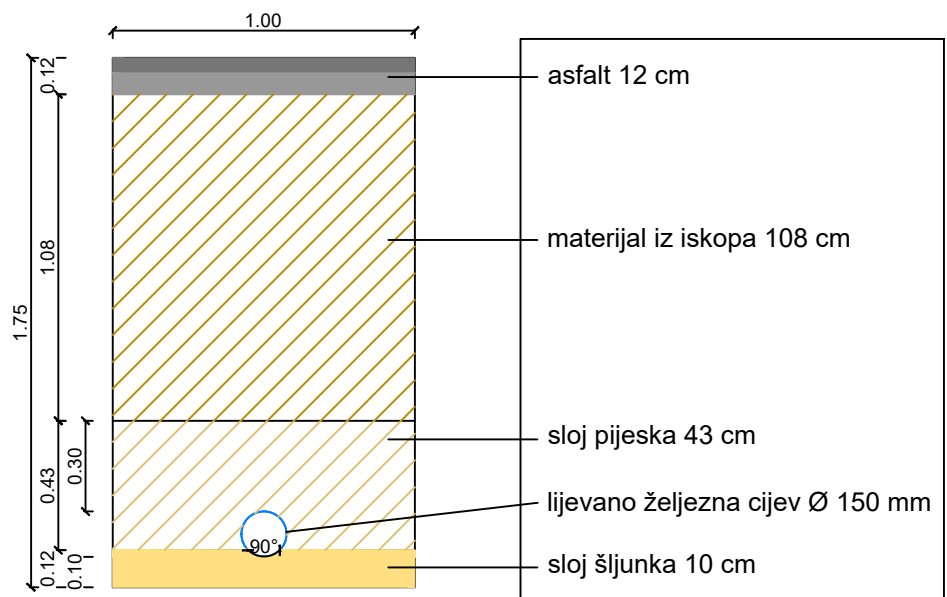


"COLOR CODING" LEGENDA RADNIH TLAKOVA (l/s)

- <= 3,5
- <= 4
- <= 4,5
- <= 5
- <= 5,5
- <= 6
- <= ostalo

<b>GF GRAĐEVINSKI FAKULTET, SVEUČILIŠTE U RIJECI</b>			
Diplomski rad		Sadržaj nacrt:	
IDEJNO RJEŠENJE SANACIJE I PROŠIRENJA VODOOPSKRBNOG SUSTAVA NASELJA ČEPIĆ PRIMJENOM WATERCAD VSI RAČUNALNOG PROGRAMA		PRIKAZ PROMJENE RADNIH TLAKOVA POMOĆU "COLOR CODING" OPCIJE - VARIJANTA 2	
Student:		Kolegij:	
Tedi Cvečić		VODOOPSKRBA I KONDICIONIRANJE VODA	
Mentor:		Datum:	Mjerilo:
Doc. dr. sc. Elvis Žic		12.2022.	1:10 000
			List:
			20

# KARAKTERISTIČNI POPREČNI PRESJEK ROVA M1:25



<b>GF</b>	<b>GRAĐEVINSKI FAKULTET, SVEUČILIŠTE U RIJECI</b>		
Diplomski rad <b>IDEJNO RJEŠENJE SANACIJE I PROŠIRENJA VODOOPSKRBNOG SUSTAVA NASELJA ČEPIĆ PRIMJENOM WATERCAD V8I RAČUNALNOG PROGRAMA</b>	Sadržaj nacrt: <b>KARAKTERISTIČNI POPREČNI PRESJEK ROVA</b>		
Student: <b>Tedi Cvečić</b>	Kolegij: <b>VODOOPSKRBA I KONDICIONIRANJE VODA</b>		
Mentor: Doc. dr. sc. <b>Elvis Žic</b>	Datum: 01.2023.	Mjerilo: 1:25	List: 21