

# Hidraulička analiza vodoopskrbnog sustava grada Poreča i njegovih naselja - primjena WaterCAD V8i i Urbano Hydra programa

---

**Gulić, Martina**

**Master's thesis / Diplomski rad**

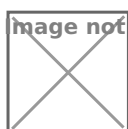
**2019**

*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:157:106411>

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

*Download date / Datum preuzimanja:* **2025-03-14**



*Repository / Repozitorij:*

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



*image not found or type unknown*

**SVEUČILIŠTE U RIJECI  
GRAĐEVINSKI FAKULTET**

**Martina Gulić**

**Hidraulička analiza vodoopskrbnog sustava grada Poreča i njegovih  
naselja – primjena WaterCAD V8i i Urbano Hydra programa**

**Diplomski rad**

**Rijeka, 2019.**

**SVEUČILIŠTE U RIJECI  
GRAĐEVINSKI FAKULTET**

**Sveučilišni diplomski studij Građevinarstvo  
Urbano inženjerstvo  
Vodoopskrba i kondicioniranje voda**

**Martina Gulić  
JMBAG: 0114026256**

**Hidraulička analiza vodoopskrbnog sustava grada Poreča i njegovih  
naselja – primjena WaterCAD V8i i Urbano Hydra programa**

**Diplomski rad**

**Rijeka, studeni 2019.**

Naziv studija: **Sveučilišni diplomski studij Građevinarstvo**

Znanstveno područje: Tehničke znanosti

Znanstveno polje: Građevinarstvo

Znanstvena grana: Hidrotehnika

Tema diplomskog rada

**HIDRAULIČKA ANALIZA VODOOPSKRBNOG SUSTAVA GRADA POREČA I NJEGOVIH NASELJA –  
PRIMJENA WATERCAD V8I I URBANO HYDRA PROGRAMA**

**HYDRAULIC ANALYSIS OF THE WATER SUPPLY SYSTEM FOR THE CITY OF POREČ AND IT'S  
SURROUNDING SETTLEMENTS - APPLICATION OF WATERCAD V8I AND URBANO HYDRA  
PROGRAMS**

Kandidatkinja: **MARTINA GULIĆ**

Kolegij: **VODOOPSKRBA I KONDICIONIRANJE VODA**

Diplomski rad broj: **UI-2019-05**

**Zadatak:**

U diplomskom radu je potrebno prikazati opće geografske, demografske, klimatološke i geomorfološke značajke danog područja na kojem će se izvršiti idejno rješenje vodoopskrbnog sustava grada Poreča sa njegovim okolnim naseljima. Dati pregled i opis elemenata vodoopskrbnog sustava, te prikazati način zadavanja njihovih ulaznih parametara za potrebe izrade idejnog projekta u WaterCad V8i i Urbano Hydra programskim paketima. Prikazati koncept rješenja vodoopskrbnog sustava sa potrebnim hidrauličkim proračunima (nekoliko varijanti dispozicije vodospreme i crpne stanice), te sprovesti varijantu istovremenog gašenja požara u naselju i industriji. Izraditi grafičke prikaze oscilacija razina vode u vodnoj komori glavne vodospreme za nekoliko varijanti proračuna, varijabilnosti radnih tlakova, protoka, brzina i ukupnih linijskih gubitaka unutar vodoopskrbnog sustava. Sprovesti proračun crpnog agregata za dane varijante proračuna, te izvršiti trasiranje cjevovoda sa svim potrebnim elementima. Izvršiti validaciju vodoopskrbnog sustava na temelju izrađene vodoopskrbne mreže na temelju dva navedena programska paketa. Izraditi uzdužne profile za karakteristične dionice vodoopskrbnog sustava, te poprečne presjeke rovova unutar kojih se polažu vodoopskrbne cijevi.

**Tema rada je uručena: 18. veljače 2019.**

**Mentor:**

doc. dr. sc. Elvis Žic,  
dipl. ing. građ.

## **IZJAVA**

Diplomski rad izradila 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.

---

Martina Gulić

U Rijeci, 5. studenog 2019.

## **ZAHVALA**

*Prije svega, željela bih se zahvaliti svome mentoru doc.dr.sc. Elvisu Žicu, dipl.ing.građ. na uloženom vremenu, podršci i savjetima koji su mi pomogli prilikom pisanja ovog diplomskog rada.*

*Također se zahvaljujem gospodinu Rinu Nemarniku iz tvrtke StudioARS d.o.o., koji je uvijek bio na raspolaganju te mi pomogao lakše savladati rad unutar programskog paketa Urbano Hydra.*

*Najviše se zahvaljujem svojoj obitelji i najbližima na pruženoj podršci tijekom cijelog obrazovanja.*

**Naslov rada:** Hidraulička analiza vodoopskrbnog sustava grada Poreča i njegovih naselja – primjena WaterCAD V8i i Urbano Hydra programa

**Studentica:** Martina Gulić

**Mentor:** Doc.dr.sc. Elvis Žic, dipl.ing.građ.

**Studij:** Sveučilišni diplomski studij građevinarstvo

**Kolegij:** Vodoopskrba i kondicioniranje voda

## SAŽETAK

Unutar ovog diplomskog rada prikazano je idejno rješenje vodoopskrbnog sustava za grad Poreč i naselja koja mu pripadaju. S obzirom da je ovo turistički atraktivan grad, turisti su smješteni u hotelima, privatnim smještajevima i kampovima. Proveden je proračun za dva modela dotoka vode u vodospremu, gravitacijski dotok vode i dotok vode u vodospremu crpljenjem. Svaki model se sastoji od dvije varijante dispozije vodospreme, odnosno crpne stanice. Hidraulički proračun je proveden u programima WaterCAD V8i i Urbano Hydra. Dimenzioniranjem su zadovoljene sve potrebe za vodom. Unutar WaterCAD V8i dobiveni su protoci i brzine u cijevima, radni tlakovi te su prikazani razni dijagrami poput rada crpki i oscilacije vode u vodospremi. Pomoću Urbano Hydra programa dobiveni su uzdužni profili i karakteristični poprečni presjek.

**Ključne riječi:** Poreč, vodoopskrbni sustav, vodosprema, crpna stanica, WaterCAD V8i, Urbano Hydra, protoci, brzine, radni tlakovi, uzdužni profili, poprečni presjek.

**Thesis title:** Hydraulic analysis of the water supply system for the city of Poreč and its surrounding settlements - application of WaterCAD V8i and Urbano Hydra programs

**Student:** Martina Gulić

**Supervisor:** Assistant Professor Elvis Žic, Ph.D.C.E.

**Study:** Graduate study of Civil Engineering

**Course:** Water supply and water conditioning system

## **ABSTRACT**

A conceptual solution of the water supply system for the city of Poreč and its surrounding settlements is shown in this master's thesis. This area is a popular tourist destination, so tourists are accommodated in hotels, private accommodations and campsites. The calculation was performed for two different models of water inflow to the water reservoir: the gravitational inflow of water and the inflow of water using pumps. Each of these models consists of two variants of the reservoir position, and two variants of the pump station position. The hydraulic calculation was performed in two software solutions - WaterCAD V8i and Urbano Hydra. Through these calculations the complete need of water for the area was satisfied. The WaterCAD V8i software was used to calculate the flow, velocity and operating pressures as well as to create graphs like pump graphs and water oscillation graphs. With the Urbano Hydra software the longitudinal sections and characteristic cross sections were created.

**Key words:** Poreč, water supply system, reservoir, pump station, WaterCAD V8i, Urbano Hydra, flow, velocity, working pressures, longitudinal section, cross section.



# SADRŽAJ

POPIS SLIKA .....	1
POPIS TABLICA.....	5
1. UVOD .....	6
2. OSNOVNE ZNAČAJKE ANALIZIRANOG PODRUČJA .....	7
2.1 Povijesni razvoj.....	7
2.2 Geografske i demografske značajke.....	8
2.3 Klimatske značajke .....	10
2.4 Geomorfološke značajke .....	20
2.5 Vodoopskrbni sustav Istre .....	21
3. MJERODAVNE KOLIČINE .....	23
3.1 Određivanje potrošača.....	23
3.2 Određivanje broja stanovnika.....	24
3.3 Specifična potrošnja vode .....	25
3.4 Srednja dnevna potrošnja vode.....	26
3.5 Maksimalna dnevna potrošnja vode .....	26
3.6 Maksimalna satna potrošnja vode .....	28
3.7 Potrošnja vode za industriju .....	29
3.8 Potrošnja vode za gašenje požara .....	30
3.9 Potrošnja vode za vlastite potrebe .....	32
3.10 Gubici vode u vodoopskrbnom sustavu .....	32
4. HIDRAULIČKI PRORAČUN VODOOPSKRBNOG SUSTAVA GRADA POREČA.....	34
4.1 Rezultati hidrauličkog proračuna .....	34
5. PRORAČUN VODOSPREME .....	37
5.1 Općenito o vodospremi .....	37
5.2 Gravitacijski dotok vode u vodospremu.....	38
5.2.1 Operativna rezerva za gravitacijski dotok vode u vodospremu .....	38
5.2.2 Protupožarna rezerva za gravitacijski dotok vode u vodospremu .....	40

5.2.3 Sigurnosna rezerva za gravitacijski dotok u vodospremu.....	41
5.2.4 Ukupni volumen vodospreme za gravitacijski dotok vode u vodospremu.....	41
5.3 Dotok u vodospremu crpljenjem .....	42
5.3.1 Operativna rezerva za dotok crpljenjem u vodospremu.....	42
5.3.2 Protupožarna rezerva za dotok vode crpljenjem u vodospremu .....	44
5.3.3 Sigurnosna rezerva za dotok crpljenjem u vodospremu.....	45
5.3.4 Ukupni volumen vodospreme za dotok vode crpljenjem u vodospremu.....	45
5.4 Ukupan volumen vodospreme.....	45
6. CRPNA STANICA .....	46
6.1 Proračun crpne stanice – crpno postrojenje CP1.....	46
6.2 Proračun crpne stanice – crpno postrojenje CP2.....	51
7. TRASIRANJE CJEVOVODA .....	54
8. BENTLEY WATERCAD V8i RAČUNALNI PROGRAM.....	56
8.1 Općenito o računalnom programu.....	56
8.2 Postavljanje mreže i određivanje njezinih značajki .....	56
8.3 Definiranje vodospreme unutar WaterCAD V8i programa .....	65
8.4 Definiranje crpne stanice unutar WaterCAD V8i programa .....	66
9. HIDRAULIČKA ANALIZA PODMODELA IZRAĐENIH U WATERCAD V8i PROGRAMU .....	69
9.1 Gravitacijski dotok vode .....	69
9.1.1 Varijanta 1 – vodosprema V1.....	70
9.1.2 Varijanta 2 – vodosprema V2.....	76
9.2 Dotok vode crpljenjem .....	82
9.2.1 Varijanta 1 – crpno postrojenje CP1 .....	82
9.2.2 Varijanta 2 – crpno postrojenje CP2 .....	87
10. PRIMJENA URBANO HYDRA RAČUNALNOG PROGRAMA.....	93
10.1 Općenito o Urbano Hydra računalnom programu.....	93
10.2 Dimenzioniranje vodoopskrbnog sustava u Urbano Hydra programu.....	93
10.3 Zadavanje podataka unutar Urbano Hydra računalnog programa.....	95

<i>10.3.1 Zadavanje nivelete cijevi</i> .....	96
<i>10.3.2 Zadavanje rova cijevi</i> .....	97
<i>10.3.3 Zadavanje gornjih slojeva rova</i> .....	99
10.4 Hidraulički proračun unutar Urbano Hydra programa .....	100
<i>10.4.1 Gravitacijski dotok – Varijanta 1</i> .....	101
<i>10.4.2 Dotok vode crpljenjem – Varijanta 2</i> .....	101
10.5 Uzdužni profili .....	102
10.6 Poprečni presjeci .....	104
11. ZAKLJUČAK .....	106
12. LITERATURA .....	107
13. PRILOZI .....	109

## POPIS SLIKA

Slika 1. Položaj grada Poreča na Istarskom poluotoku, [18] .....	8
Slika 2. Županije, površina, stanovništvo, gradovi, općine i naselja (teritorijalni ustroj prema stanju 31. prosinca 2017.) [3].....	9
Slika 3. Gustoća naseljenosti stanovništva po županijama, popis 2011. (teritorijalni ustroj prema stanju 31. prosinca 2017.); crvena linija predstavlja područje Istarske županije, [3] .....	9
Slika 4. Pregled gradova i općina i njima pripadajućih prostornih jedinica te kućnih brojeva, (stanje registra 31. prosinca 2017.), [3].....	10
Slika 5. Srednja godišnja temperatura zraka za Republiku Hrvatsku, [6].....	12
Slika 6. Srednja godišnja temperatura zraka za grad Rovinj (t - godišnji hod srednje, $t_{min}$ , $t_{max}$ - srednje minimalne i maksimalne, $T_{min}$ , $T_{max}$ - apsolutne minimalne i maksimalne, $t_m$ - temperature mora), [6] .....	12
Slika 7. Srednji godišnji broj hladnih dana na području Republike Hrvatske, [6].....	13
Slika 8. Srednji godišnji broj hladnih dana za Pazin ( $t_{min5cm}$ - godišnji hod srednje, $t_{min5cm min}$ - godišnji hod najniže minimalne temperature zraka na 5 cm iznad tla, $t_{min5cm} < 0^{\circ}C$ - broj dana s minimalnom temperaturom na 5 cm nižom od $0^{\circ}C$ ), [6].....	13
Slika 9. Srednji godišnji broj toplih dana u Republici Hrvatskoj, [6] .....	14
Slika 10. Srednji godišnji broj toplih dana za grad Rovinj (godišnji hod srednjeg broja ledenih ( $t_{min} \leq -10^{\circ}C$ ), studenih ( $t_{maks} < 0^{\circ}C$ ), hladnih ( $t_{min} < 0^{\circ}C$ ), toplih ( $t_{maks} \geq 25^{\circ}C$ ), i vrućih dana ( $t_{maks} \geq 30^{\circ}C$ ), te toplih noći ( $t_{min} \geq 20^{\circ}C$ ), [6].....	14
Slika 11. Srednja godišnja količina oborina za područje Republike Hrvatske, [6].....	15
Slika 12. Srednja godišnja količina oborine za grad Rovinj (godišnji hod srednje (R), minimalne ( $R_{min}$ ) i maksimalne ( $R_{max}$ ) mjesečne količine oborine i maksimalne dnevne količine oborine ( $R_{d_{max}}$ ), mm), [6].....	15
Slika 13. Srednja količina oborine za godišnji period proljeća u Republici Hrvatskoj, [6].....	16
Slika 14. Srednja količina oborine za period proljeća - Rovinj (godišnji hod 2, 9, 25, 50, 75, 91. i 98. percentila mjesečnih količina oborina mm), [6] .....	16
Slika 15. Srednja količina oborine za period ljeta u Republici Hrvatskoj, [6].....	17
Slika 16. Srednja količina oborine za period ljeta – grad Rovinj (godišnji hod učestalosti (%) sušnih razdoblja trajanja 11-15 dana, 16-20 dana, 21-25 dana, 25-30 dana i $\geq 30$ dana), [6].....	17
Slika 17. Srednja količina oborine za period jeseni u Republici Hrvatskoj, [6] .....	18

Slika 18. Srednja količina oborine za period jeseni – grad Rovinj (izmjerene godišnje maksimalne dnevne količine oborine i procjene maksimuma pomoću opće razdiobe ekstremnih vrijednosti (GEV), 1951.-2000.), [6].....	18
Slika 19. Vlažnost zraka u Republici Hrvatskoj, [6].....	19
Slika 20. Vlažnost zraka za gradu Rovinj (godišnji hod srednje (U) i minimalne terminske (Umin) relativne vlažnosti zraka (% , lijeva skala), te srednjeg broja dana s relativnom vlažnošću $\leq 80\%$ u 14 sati i $\leq 30\%$ u 7, 14 ili 21 sat (desna skala)), [6] .....	19
Slika 21. Geomorfološke značajke Istre, [7].....	20
Slika 22. Sadašnji vodovod na istarskom poluotoku, [9].....	22
Slika 23. Potrošači vodoopskrbnog sustava .....	23
Slika 24. Potrošači vodoopskrbnog sustava, nastavak .....	24
Slika 25. Potrošnja vode po proizvodnom procesu, [10] .....	29
Slika 26. Osnovni elementi vodospreme, [16] .....	37
Slika 27. Grafoanalitičko rješenje gravitacijskog dotoka vode u vodospremu .....	39
Slika 28. Oscilacija razine vode u vodospremi za gravitacijski dotok vode .....	40
Slika 29. Grafoanalitički proračun dotoka vode crpljenjem u glavnu vodospremu.....	43
Slika 30. Dijagram oscilacija razina vode u vodospremi za dotok vode u glavnu vodospremu crpljenjem.....	44
Slika 31. Shematski prikaz crpnog spremnika, crpne stanice i vodospreme – CP1.....	46
Slika 32. Nomogram crpke 200 CVE 400-30/1 [17] .....	50
Slika 33. Shema položaja izvorišta, crpne stanice i vodospreme - CP2.....	51
Slika 34. Nomogram crpke 200 CVE 400-30/1 [17] .....	53
Slika 35. Idejni plan vodoopskrbnog sustava grada Poreča i njegovih naselja - Varijanta 1... 54	54
Slika 36. Idejni plan vodoopskrbnog sustava grada Poreča i njegovih naselja - Varijanta 1, nastavak.....	55
Slika 37. Radna površina računalnog programa WaterCAD V8i .....	57
Slika 38. Prikaz "ModelBuilder" .....	58
Slika 39. Predzadnji korak unutar "ModelBuilder-a" opcije kreiranja vodoopskrbne mreže .. 59	59
Slika 40. Dobivena vodoopskrbna mreža unutar WaterCad V8i računalnog programa .....	59
Slika 41. Definiranje značajki potrošača H2 unutar dijaloškog okvira "Properties Editor" ....	60
Slika 42. Definiranje značajki pojedinih dionica VS unutar izbornika "Flex Table" .....	60
Slika 43. Položaj hidranata H-4 i H-5 unutar vodoopskrbnog sustava .....	61
Slika 44. Uzorak za definiranje satne potrošnje vode za stanovanje.....	62
Slika 45. Uzorak za potrošnju vode u industriji .....	63

Slika 46. Uzorak za potrošnju vode pri gašenju požara .....	64
Slika 47. Definiranje potrošnje vode za stanovništvo, potrošač C-54 .....	64
Slika 48. Definiranje potrošnje vode za hotel H1 .....	64
Slika 49. Definiranje potrošnje vode za industriju .....	64
Slika 50. Definiranje potrošnje vode za kamp K1 .....	65
Slika 51. Definiranje značajki vodospreme unutar "FlexTable" dijaloga .....	65
Slika 52. Definiranje značajki vodospreme unutar "Properties" dijaloga .....	66
Slika 53. Definiranje dispozicija crpki unutar crpne stanice i izvora.....	67
Slika 54. Definiranje pumpi unutar crpne stanice .....	67
Slika 55. Definiranje crpki unutar "FlexTable" dijaloga.....	67
Slika 56. Definiranje značajki crpke za dotok vode crpljenjem u Varijanti 1.....	68
Slika 57. Izvještaj hidrauličkog proračuna unutar programa WaterCAD V8i .....	69
Slika 58. Položaj vodospreme V1 .....	70
Slika 59. Položaj vodospreme V1, nastavak .....	71
Slika 60. Prikaz dionica s najvećim brzinama toka vode unutar vodoopskrbnog sustava .....	72
Slika 61. Uzdužni profil dionice vodosprema V1-hotel H29.....	73
Slika 62. Definiranje potrošnje vode za hidrant H-135.....	74
Slika 63. Dijagram brzine toka vode i protoka na dionici P-83 .....	74
Slika 64. Razina vode u vodnoj komori glavne vodospreme .....	75
Slika 65. Dijagram radnih tlakova i protoka za hidrant H-135 .....	75
Slika 66. Položaj vodospreme V2 .....	76
Slika 67. Položaj vodospreme V2, nastavak .....	77
Slika 68. Definiranje vodospreme 2 unutar WaterCAD V8i računalnog programa .....	78
Slika 69. Prikaza deset dionica s najvećom brzinom toka vode.....	78
Slika 70. Dijagram promjena radnog tlaka na dionici od vodospreme V2 do hotela H-18 - lijevanoželjezne cijevi .....	80
Slika 71. Dijagram promjena radnog tlaka na dionici od vodospreme V2 do hotela H-18 - PVC cijevi.....	80
Slika 72. Dijagram brzine toka vode i protoka na dionici P-272 (dva požara) .....	81
Slika 73. Razina vode u vodnoj komori glavne vodospreme .....	81
Slika 74. Dijagram radnog tlaka i protoka na hidrantu H-102.....	82
Slika 75. Dijagram radnog tlaka i protoka na hidrantu H-114 .....	82
Slika 76. Položaj crpne stanice - Varijanta 1.....	83
Slika 77. Položaj crpne stanice - Varijanta 1, nastavak.....	84

Slika 78. Prikaz dionica s najvećim brzinama toka vode – Varijanta 1 .....	85
Slika 79. Uzdužni profil za dionicu od glavne vodospreme V1 do hotela H29 – Varijanta 1 .	85
Slika 80. Protok i visina podizanja vode crpkom PMP-1 – Varijanta 1.....	86
Slika 81. Dijagram protoka i visine podizanja vode u vodnoj komori vodospreme crpkom PMP-1 – Varijanta 1 .....	86
Slika 82. Dijagram oscilacije razine vode u vodnoj komori glavne vodospreme – Varijanta 1 .....	87
Slika 83. Položaj crpne stanice - Varijanta 2.....	88
Slika 84. Položaj crpne stanice - Varijanta 2, nastavak.....	89
Slika 85. Prikaz dionica s najvećim brzinama toka vode - Varijanta 2.....	90
Slika 86. Uzdužni profil za dionicu od glavne vodospreme V1 do hotela H29 – Varijanta 2 .	90
Slika 87. Prikaz protoka i visine podizanja vode crpkom PMP-1 – Varijanta 2.....	91
Slika 88. Dijagram protoka i visine podizanja razine vode crpkom PMP-1 – Varijanta 2 .....	92
Slika 89. Dijagram oscilacije razine vode u vodnoj komori glavne vodospreme – Varijanta 2 .....	92
Slika 90. Spremanje datoteke unutar WaterCAD V8i računalnog programa.....	94
Slika 91. Kreiranje novog sustava unutar Urbano Hydra računalnog programa.....	94
Slika 92. Prikaz vodoopskrbnog sustava unutar Urbano Hydra računalnog programa - gravitacijski dotok (Varijanta 1) .....	95
Slika 93. Zadavanje visine nivelete cijevi unutar Urbano Hydra računalnog programa.....	96
Slika 94. Zadavanje rovova cijevi unutar računalnog programa Urbano Hydra.....	97
Slika 95. Katalog rovova cijevi u računalnom programu Urbano Hydra.....	98
Slika 96. Zadavanje rovova u računalnom programu Urbano Hydra.....	99
Slika 97. Katalog gornjih slojeva rova u računalnom programu Urbano Hydra.....	100
Slika 98. Zadavanje gornjih slojeva rova u računalnom programu Urbano Hydra.....	100
Slika 99. Hidraulički proračun za gravitacijski dotok vode u glavnu vodospremu (Varijanta 1) .....	101
Slika 100. Hidraulički proračun za dotok vode crpljenjem u glavnu vodospremu (Varijanta 2) .....	102
Slika 101. Uređivanje konfiguracije profila unutar Urbano Hydra računalnog programa.....	102
Slika 102. Uređivanje nizova unutar Urbano Hydra računalnog programa .....	103
Slika 103. Crtanje uzdužnih profila unutar Urbano Hydra računalnog programa .....	103
Slika 104. Uređivanje poprečnog presjeka unutar Urbano Hydra računalnog programa .....	104
Slika 105. Crtanje poprečnog presjeka unutar Urbano Hydra računalnog programa .....	105

## POPIS TABLICA

Tablica 1. Broj stanovnika u gradu Poreču kroz godinu, [2].....	10
Tablica 2. Pravilnik o tehničkim normativima za hidrantsku mrežu za gašenje požara, [10]..	31
Tablica 3. Dubina vode u vodovodnim komorama ovisno o ukupnom volumenu VS, [16]....	38
Tablica 4. Proračun operativne rezerve za gravitacijski dotok vode u vodospremu.....	39
Tablica 5. Analitički proračun operativne rezerve vodospreme - dotok crpljenjem.....	43
Tablica 6. Neravnomjernost satne potrošnje s pripadajućim multiplikatorima, uzorak za stanovanje.....	62
Tablica 7. Prikaz 20 dionica sa najvećim i najmanjim radnim tlakovima u vrijeme maksimalne satne potrošnje.....	72
Tablica 8. Deset maksimalnih i minimalnih radnih tlakova za lijevanoželjezne cijevi.....	79
Tablica 9. Deset maksimalnih i minimalnih radnih tlakova za PVC cijevi.....	79



## 1. UVOD

Količina pitke vode na zemlji se smanjuje, dok je potreba za njom sve veća. Zna se da bez vode nema života. Iz tog razloga upravljanje vodom predstavlja jedan od najvažnijih zadataka. Kako bi se potrošnja vode svela na minimum, te kako bi bila dostupna svima, potrebno ju je što racionalnije koristiti, a vodoopskrbne sustave neprestano usavršavati i modernizirati. Tome doprinose različiti računalni programi koji omogućavaju lakši, brži i točniji rad. Neki od takvih programa, koji su se u ovom diplomskom radu koristili jesu WaterCAD V8i i Urbano Hydra. Tim programima moguće je projektirati, analizirati, optimizirati vodoopskrbne sustave, te određivati potrebnu kvalitetu i kvantitetu vode.

Unutar ovog diplomskog rada proveden je idejni projekt vodoopskrbnog sustava grada Poreča zajedno sa njegovim naseljima. Grad Poreč smješten je na zapadnoj obali Istre, te je vrlo atraktivna turistička destinacija. S obzirom da područje obuhvaća 29 hotela, ovaj je vodoopskrbni sustav prilagođen ljetnoj sezoni u vrijeme najvećeg broja turista. U sljedećim poglavljima prikazane su osnovne značajke analiziranog područja, proračun mjerodavnih količina vode za pojedine velike potrošače, hidraulički proračun vodoopskrbnog sustava, dimenzioniranje vodospreme i crpne stanice, te je na kraju proveden hidraulički proračun unutar prije spomenutih računalnih programa WaterCAD V8i i Urbano Hydre, na temelju kojih su izvršene usporedbe dobiveni rezultati, odnosno usporedbe pojedinih fizikalnih veličina.

## 2. OSNOVNE ZNAČAJKE ANALIZIRANOG PODRUČJA

### 2.1 Povijesni razvoj

Poreč je grad u Republici Hrvatskoj koji se nalazi na zapadnoj obali poluotoka Istre. Smješten je u luci koju od mora štiti otočić Sveti Nikola, [1].

Poreč je naseljen još od prapovijesti. U drugom stoljeću prije Krista, podignut je rimski Castrum na kojem se mjestu danas nalazi jezgra starog grada. U 1. stoljeću prije Krista, tijekom vladavine cara Augusta, Castrum je službeno proglašen gradom i uključen u rimsku koloniju Colonia Iulia Parentium. U vrijeme Rima grad je dobio svoje prve zidine. Nakon pada Zapadnog Rimskog Carstva 476. godine, gradom su vladale razni vladari i sile poput Ostrogota i Bizanta. Tijekom vladavine Bizanta u gradu je stolovao biskup Eufrazije koji je dao obnoviti tadašnju dvojnu baziliku koja je po njemu i dobila ime, [1].

Tijekom 14. i 15. stoljeća Poreč je bio grad obrtnika i trgovaca, te se u to vrijeme grade najljepše palače grada. U 16. stoljeću grad pogađaju mnogobrojni ratovi, epidemije raznih bolesti, posebice kuge zbog čega se broj stanovništva znatno smanjio. Oporavak počinje tijekom 17. stoljeća kada grad naseljavaju izbjeglice sa Krete, [1].

Tijekom 19. stoljeća Poreč kao i cijela Istra doživljava modernizaciju i gospodarski razvoj. U Drugom svjetskom ratu grad je u više navrata bio bombardiran zbog čega se gradska jezgra teško oštetila. Za vrijeme Jugoslavije (od 1947. g.) grad karakterizira industrijalizacija te izgradnja turističkih kapaciteta, [1].

Stanovnici ovog područja su kroz cijelu povijest, sve do dolaska turizma živjeli od zemljoradnje i ribarstva. Danas je glavni izvor prihoda turizam, zbog čega je od velikog značaja osiguranje pitke vode, [1]. Glavna sezona proteže se u ljetnim mjesecima od lipnja do kolovoza. Veliku ulogu u turizmu, osim samog grada, imaju i turistička poduzeća poput Plave Lagune i Valamar Riviere. U priobalnom dijelu nema puno obiteljskih kuća i stanova već uglavnom tamo prevladavaju apartmani, hoteli i kampovi, [4]. Na slici 1. prikazana je Istarska županija na kojoj se može vidjeti položaj grada Poreča.



Slika 1. Položaj grada Poreča na Istarskom poluotoku, [18]

## 2.2 Geografske i demografske značajke

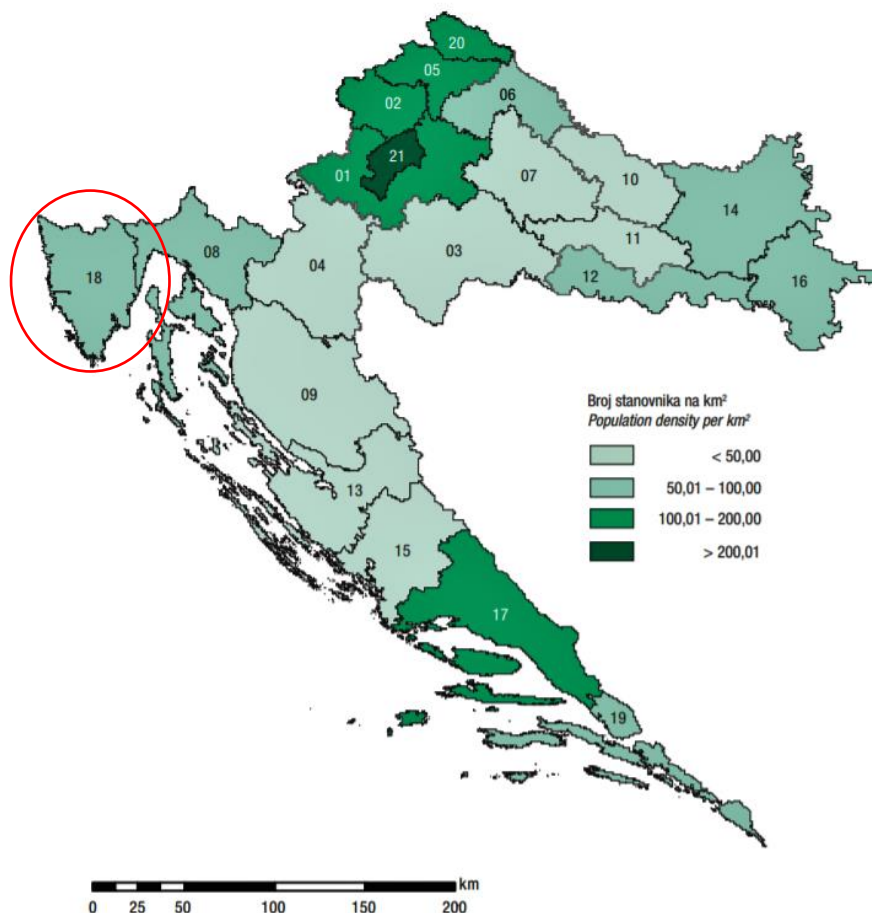
Poreč se smjestio na 45,23 stupnjeva sjeverne širine, te 13,59 stupnjeva istočne dužine. Prosječna nadmorska visina grada Poreča jest 29 m n.m. Grad se nalazi na zapadnom dijelu Istarskog poluotoka. Gradu Poreču pripadaju tri otoka: Altijež, Regata i Sveti Nikola, te još šest manjih nadmorskih tvorba. Regija Poreča obuhvaća 139 km<sup>2</sup> s 37 km dugom obalom koja se proteže od rijeke Mirne pored Novigrada na sjeveru do Funtane i Vrsara na jugu, [1].

Istarska županija je šesta županija po broju stanovnika u Hrvatskoj, te se rasprostire na 2.813 km<sup>2</sup>, (Slika 2.). Na slici 3. može se vidjeti naseljenost Istarske županije u odnosu na druge te broj stanovnika na km<sup>2</sup> koji iznosi 74. Gradovi/općine Istarske županije prikazane su na slici 4.

Nakon grada Pule, Poreč je idući najveći istarski grad prema broju stanovnika. Najviše je Hrvata, ali postoje i značajnije manjine poput Talijana, Srba, Albanaca i Slovenaca. Grad Poreč je 2011. godine po Popisu stanovništva imao 16.696 stanovnika (Tablica 1.), što iznosi 8,02 % od ukupnog broja stanovnika Istarske županije. U samom gradu je 2011. godine bilo 9.790 stanovnika. Gustoća naseljenosti grada Poreča iznosi 120 stanovnika/km<sup>2</sup>, [2].

Županija	Površina, <sup>1)</sup> km <sup>2</sup> Surface area, <sup>1)</sup> km <sup>2</sup>	Broj stanovnika u 2011. <sup>2)</sup> Population in 2011 <sup>2)</sup>	Broj stanovnika na km <sup>2</sup> Population density per km <sup>2</sup>	Broj gradova Towns/ cities	Broj općina Municipalities	Broj naselja Settlements	County of
Republika Hrvatska	56 594	4 284 889	75,7	128	428	6 757	Republic of Croatia
Zagrebačka	3 060	3 17 606	103,8	9	25	694	Zagreb
Krapinsko-zagorska	1 229	132 892	108,1	7	25	422	Krapina-Zagorje
Sisačko-moslavačka	4 468	172 439	38,6	7	12	455	Sisak-Moslavina
Karlovačka	3 626	128 899	35,5	5	17	649	Karlovac
Varaždinska	1 262	175 951	139,4	6	22	303	Varaždin
Koprivničko-križevačka	1 748	115 584	66,1	3	22	264	Koprivnica-Križevci
Bjelovarsko-bilogorska	2 640	119 764	45,4	5	18	323	Bjelovar-Bilogora
Primorsko-goranska	3 588	296 195	82,6	14	22	509	Primorje-Gorski kotar
Ličko-senjska	5 353	50 927	9,5	4	8	258	Lika-Senj
Virovitičko-podravska	2 024	84 836	41,9	3	13	188	Virovitica-Podravina
Požeško-slavonska	1 823	78 034	42,8	5	5	277	Požega-Slavonia
Brodsko-posavska	2 030	158 575	78,1	2	26	185	Slavonski Brod-Posavina
Zadarska	3 646	170 017	46,6	6	28	232	Zadar
Osječko-baranjska	4 155	305 032	73,4	7	35	263	Osijek-Baranja
Šibensko-kninska	2 984	109 375	36,7	5	15	199	Šibenik-Knin
Vukovarsko-srijemska	2 454	179 521	73,2	5	26	85	Vukovar-Sirmium
Solitsko-dalmatinska	4 540	454 798	100,2	16	39	381	Split-Dalmatia
Istarska	2 813	208 055	74,0	10	31	639	Istria
Dubrovačko-neretvanska	1 781	122 568	68,8	5	17	230	Dubrovnik-Neretva
Međimurska	729	113 804	156,1	3	22	131	Međimurje
Grad Zagreb	641	790 017	1 232,5	1	-	70	City of Zagreb

Slika 2. Županije, površina, stanovništvo, gradovi, općine i naselja (teritorijalni ustroj prema stanju 31. prosinca 2017.) [3]



Slika 3. Gustoća naseljenosti stanovništva po županijama, popis 2011. (teritorijalni ustroj prema stanju 31. prosinca 2017.); crvena linija predstavlja područje Istarske županije, [3]

Županija County of	Grad/općina Town/municipality	Datum nastanka prostorne jedinice Date of formation of territorial unit	Broj Narodnih novina No. of Narodne novine (NN)	Broj Number			
				naselja Settlements	statističkih krugova Statistical districts	popisnih krugova Enumeration districts	kućnih brojeva House numbers
Istarska županija Istria				639	935	1 589	88 418
	<b>Gradovi/ Towns</b>						
	Buje – Bule	30. 12. 1992.	90/92.	21	34	42	2 608
	Buzet	30. 12. 1992.	90/92.	54	86	93	3 213
	Labin	30. 12. 1992.	90/92.	17	49	91	3 540
	Novigrad – Cittanova	30. 12. 1992.	90/92., 10/97., 86/06.	5	11	34	2 298
	Pazin	30. 12. 1992.	90/92.	18	29	51	3 130
	<b>Poreč – Parenzo</b>	30. 12. 1992.	90/92., 86/06.	53	68	113	6 843
	Pula – Pola	30. 12. 1992.	90/92., 86/06.	1	44	319	10 402
	Rovinj – Rovigno	30. 12. 1992.	90/92., 86/06.	2	14	71	5 170
	Umag – Umago	30. 12. 1992.	90/92., 10/97., 86/06.	23	39	69	6 251
	Vodnjan – Dignano	30. 12. 1992.	90/92., 86/06.	4	17	43	4 428
	<b>Općine/ Municipalities</b>						
	Bale – Valle	30. 12. 1992.	90/92., 86/06.	3	5	6	787
	Barban	30. 12. 1992.	90/92.	23	33	38	1 453
	Brtonigla – Verteneglio	30. 12. 1992.	90/92., 86/06.	5	11	12	1 090
	Cerovlje	30. 12. 1992.	90/92.	15	17	19	911
	Fažana – Fasana	31. 11. 2000.	129/2000., 86/06.	2	5	15	1 695
	Funtana – Fontane	28. 7. 2006.	86/06., 86/06.	1	2	4	562
	Gračisce	30. 12. 1992.	90/92.	7	8	11	649
	Grožnjan – Grisignana	30. 12. 1992.	90/92., 86/06.	10	15	17	703
	Kanfanar	30. 12. 1992.	90/92.	20	21	21	969
	Karolja	7. 2. 1997.	10/97.	4	8	11	687
	Kaštelir-Labinci – Castelliere-S. Domenica	7. 2. 1997.	10/97., 86/06.	15	19	20	968
	Krišan	30. 12. 1992.	90/92.	23	25	28	1 694
	Lanišće	30. 12. 1992.	90/92.	14	17	17	671
	Lišnjani – Lisignano	30. 12. 1992.	90/92., 86/06.	5	11	18	2 271
	Lupoglav	30. 12. 1992.	90/92.	8	8	10	615
	Marčana	30. 12. 1992.	90/92.	22	30	42	3 959
	Medulin	30. 12. 1992.	90/92.	8	14	39	4 876
	Motovun – Montona	30. 12. 1992.	90/92., 86/06.	4	9	12	656
	Oprtalj – Portole	30. 12. 1992.	90/92., 86/06.	16	18	18	795
	Pižan	30. 12. 1992.	90/92., 90/93.	10	10	15	891
	Raša	30. 12. 1992.	90/92.	23	30	42	2 168
	Sveta Nedelja	30. 12. 1992.	90/92., 90/93.	21	27	29	1 611
	Sveti Lovreč	31. 12. 2002.	90/92., 90/93., 10/97.	23	24	25	716
	Sveti Petar u Šumi	30. 12. 1992.	90/92., 90/93.	1	3	6	473
	Svetvinčenat	30. 12. 1992.	90/92., 90/93.	19	22	23	1 396
	Tar-Vabriga – Torre-Abrega	28. 7. 2006.	86/06., 86/06.	6	9	12	1 378
	Tinjan	30. 12. 1992.	90/92.	8	11	14	966
	Viljan – Visignano	30. 12. 1992.	90/92., 86/06.	56	58	59	1 435
	Višinada – Visinada	30. 12. 1992.	90/92., 86/06.	27	28	28	736
	Vrsar – Orsera	30. 12. 1992.	90/92., 86/06.	9	11	15	1 184
	Žminj	30. 12. 1992.	90/92.	33	35	37	1 570

Slika 4. Pregled gradova i općina i njima pripadajućih prostornih jedinica te kućnih brojeva, (stanje registra 31. prosinca 2017.), [3]

Tablica 1. Broj stanovnika u gradu Poreču kroz godinu, [2]

Godina	1961.	1971.	1981.	1991.	2001.	2011.
Broj stanovnika	6.693	7.485	10.382	13.173	15.870	16.696

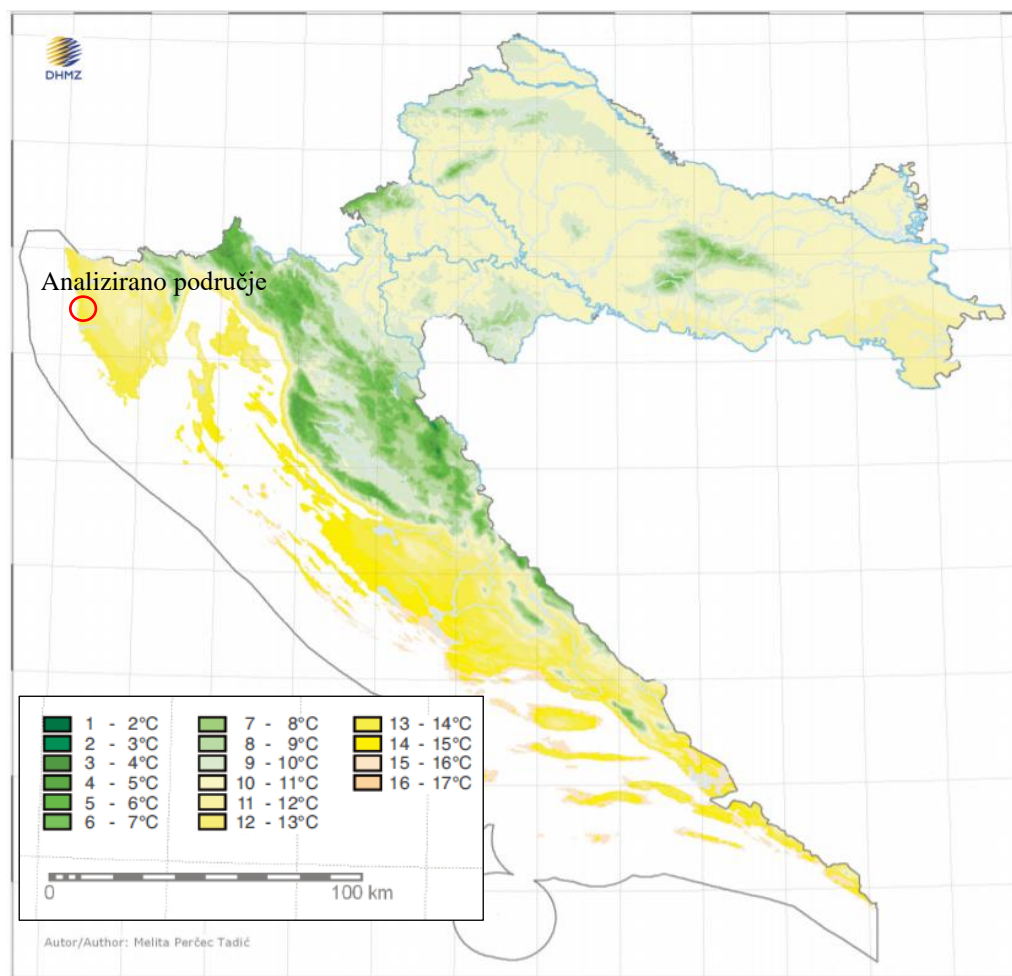
## 2.3 Klimatske značajke

Na istarskom poluotoku najveće značenje ima sredozemna klima. Sredozemna klima postupno se mijenja prema unutrašnjosti poluotoka te tamo prelazi u kontinentalnu. Ta se promjena javlja zbog strujanja hladnog zraka s planina i zbog blizine Alpa. Vjetrovi koji su karakteristični za Istru jesu bura, jugo i maestral [5].

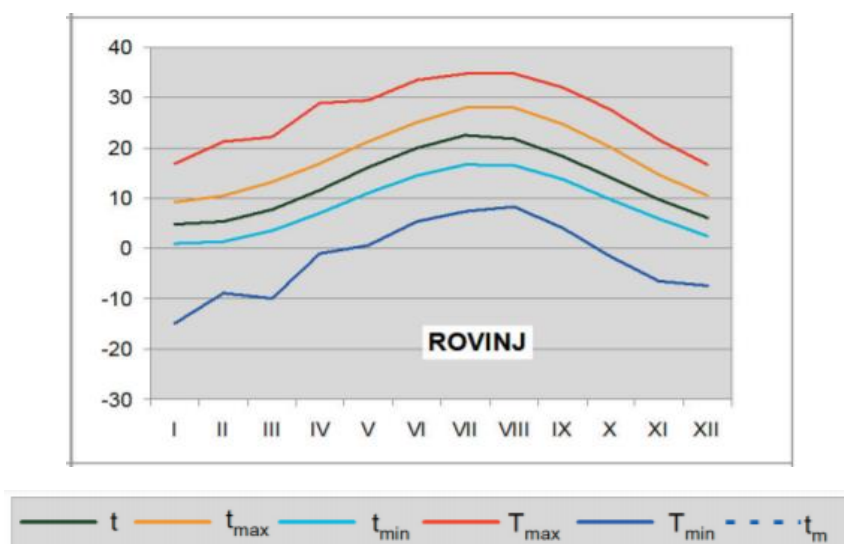
Karakteristike sredozemne klime jesu suha i topla ljeta, te blage i ugodne zime s rijetkom pojavom snijega. Srednja godišnja temperatura zraka duž sjeverne obale iznosi oko 14 °C, a duž južne i na otocima 16 °C. Srednja godišnja temperatura zraka u unutrašnjosti, odnosno u Pazinskoj kotlini i dolini rijeke Raše iznosi oko 11 °C (Slika 5.). Kao najhladniji mjesec izdvaja se siječanj sa srednjom temperaturom oko 6 °C, te kao najtopliji srpanj i kolovoz, sa srednjom temperaturom oko 24 °C. Najniže godišnje temperature zraka uglavnom su na Učki i Ćićariji. Razdoblje kada je srednja temperatura dana viša od 10 °C traje uglavnom 260 dana godišnje, dok razdoblje s dnevnim maksimumom koji prelazi 30 °C traje najviše 20-tak dana. Područja koja su pod jačim utjecajem mora imaju topliju jesen od proljeća, pa je tako u primorskom dijelu, primjerice Rovinju, jesen uglavnom toplija za 2 do 3 °C (Slika 6.), [5,6].

Na slikama 7.-20. bit će prikazana meteorološka mjerenja za grad Rovinj i Pazin zbog njihove sličnosti i blizine s gradom Porečom.

Na slici 5. može se vidjeti raspodijela srednje godišnje temperature zraka za Republiku Hrvatsku. Temperatura je pri obali najveća, te se ona postepeno smanjuje približavajući se unutrašnjosti, a najmanja je na planinskim područjima. Crvenom linijom prikazano je analizirano područje, grad Poreč (Slika 5.).

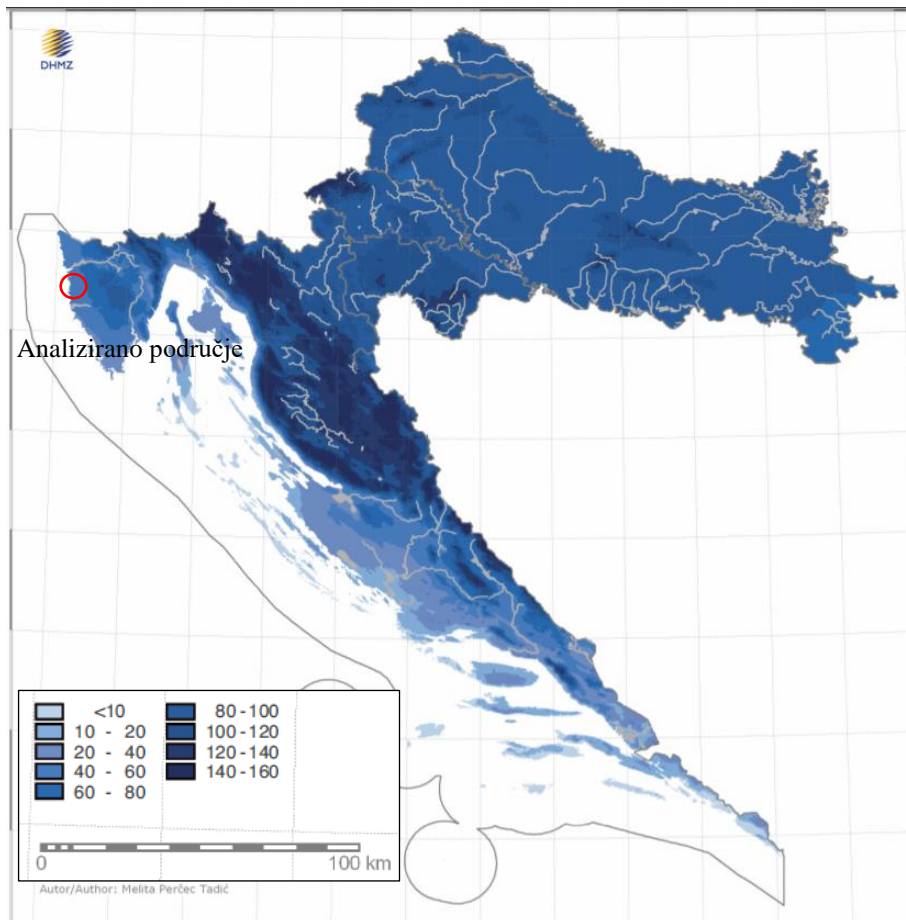


Slika 5. Srednja godišnja temperatura zraka za Republiku Hrvatsku, [6]

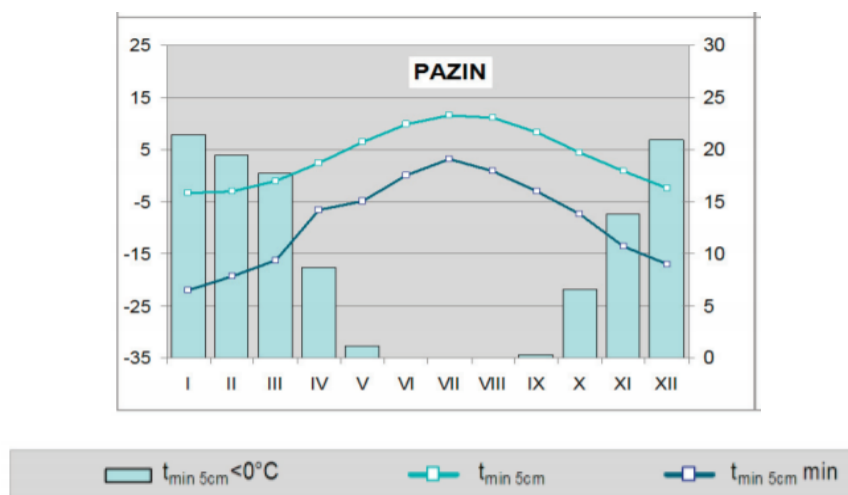


Slika 6. Srednja godišnja temperatura zraka za grad Rovinj (t - godišnji hod srednje, t<sub>min</sub>, t<sub>max</sub> - srednje minimalne i maksimalne, T<sub>min</sub>, T<sub>max</sub> - apsolutne minimalne i maksimalne, t<sub>m</sub> - temperature mora), [6]

Na slici 7. prikazan je srednji godišnji broj hladnih dana za Republiku Hrvatsku na temelju čega se može zaključiti kako u Istri takvih dana, a posebice uz obalu, nema puno. Hladni dani su oni koji imaju minimalne temperature zraka niže od 0 °C.



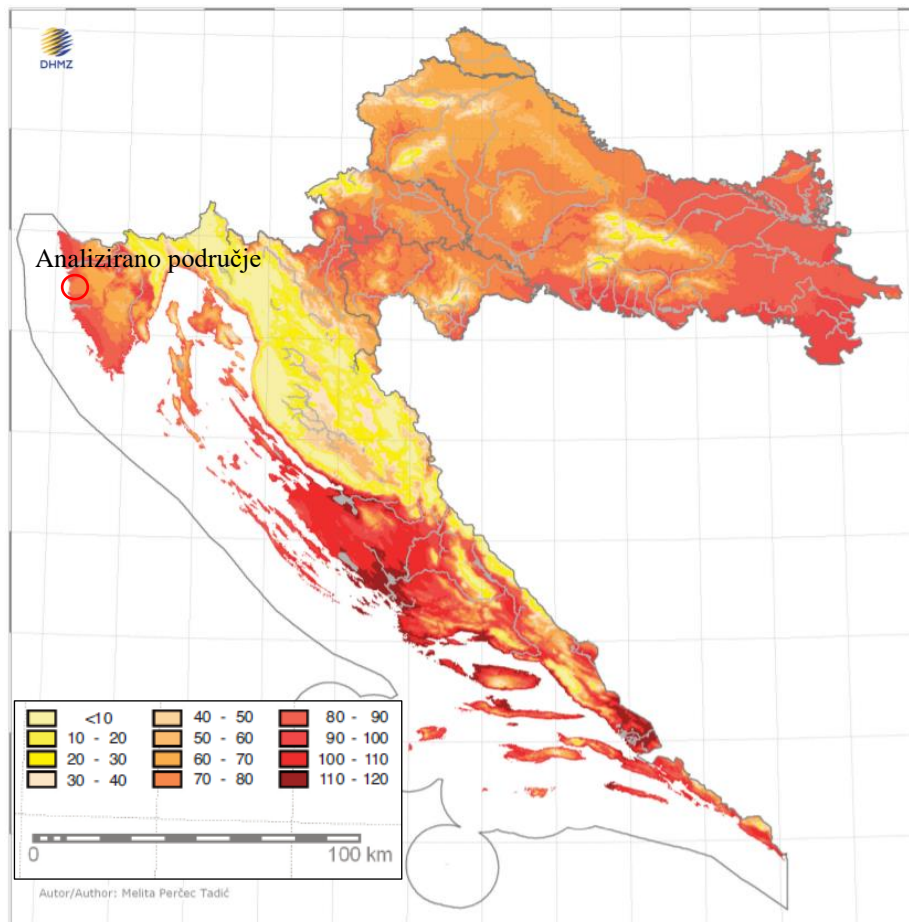
Slika 7. Srednji godišnji broj hladnih dana na području Republike Hrvatske, [6]



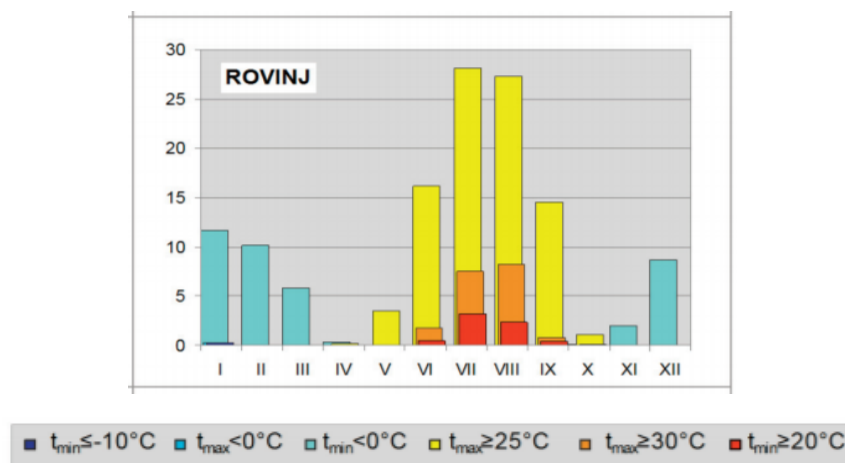
Slika 8. Srednji godišnji broj hladnih dana za Pazin ( $t_{\min 5\text{cm}}$  - godišnji hod srednje,  $t_{\min 5\text{cm min}}$  - godišnji hod najniže minimalne temperature zraka na 5 cm iznad tla,  $t_{\min 5\text{cm}} < 0^\circ\text{C}$  - broj dana s minimalnom temperaturom na 5 cm nižom od 0 °C), [6]



Najviše toplih dana ima na južnom Jadranu, na obali Istre te na istoku Hrvatske (Slika 9).

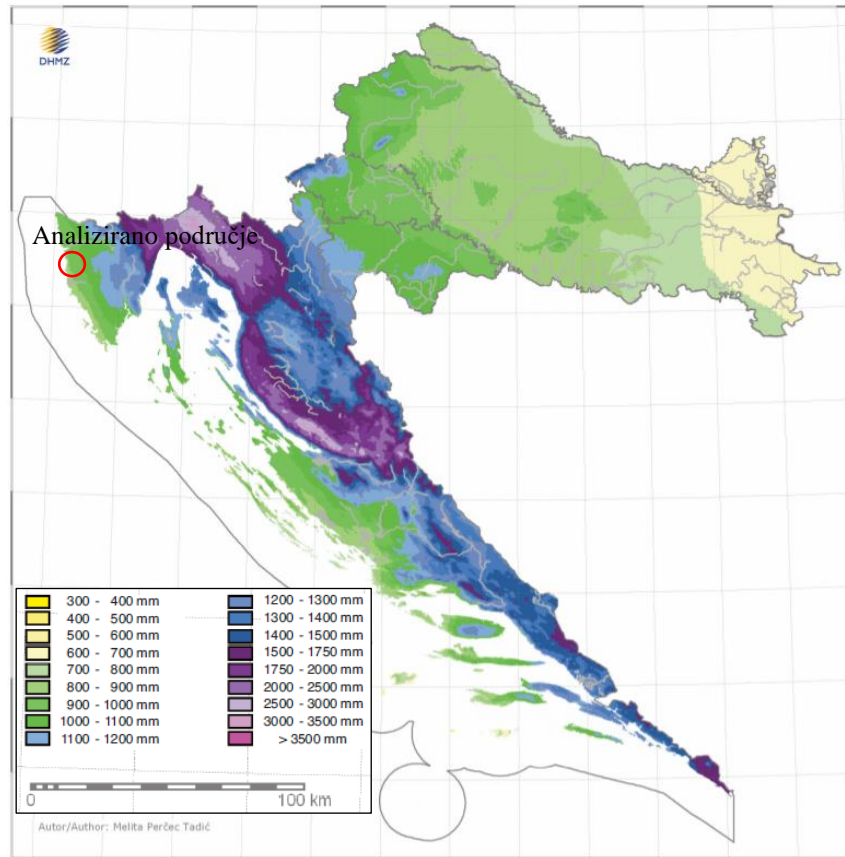


Slika 9. Srednji godišnji broj toplih dana u Republici Hrvatskoj, [6]

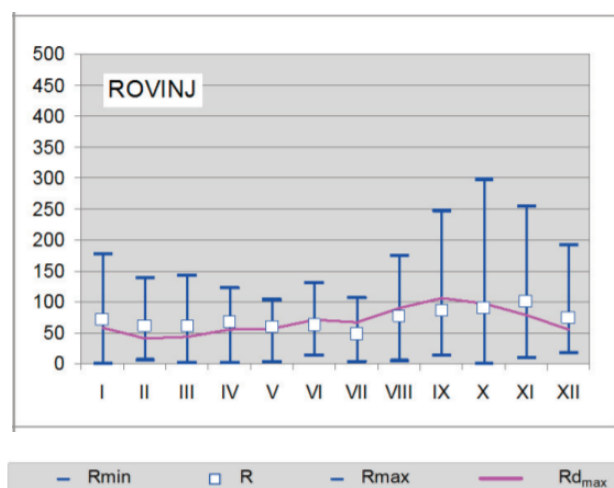


Slika 10. Srednji godišnji broj toplih dana za grad Rovinj (godišnji hod srednjeg broja ledenih ( $t_{min} \leq -10^\circ\text{C}$ ), studenih ( $t_{maks} < 0^\circ\text{C}$ ), hladnih ( $t_{min} < 0^\circ\text{C}$ ), toplih ( $t_{maks} \geq 25^\circ\text{C}$ ), i vrućih dana ( $t_{maks} \geq 30^\circ\text{C}$ ), te toplih noći ( $t_{min} \geq 20^\circ\text{C}$ ), [6]

Na zapadnoj obali Istre oborine se najčešće kreću između 800 do 900 mm na godinu, te one rastu prema unutrašnjosti zbog blizine planina. Na obroncima Učke mjere se najveće količine oborine od 2000 do 2500 mm. U Istri je najkišovitije razdoblje od studenog do svibnja dok su sušna razdoblja najčešća u srpnju i kolovozu, [6].

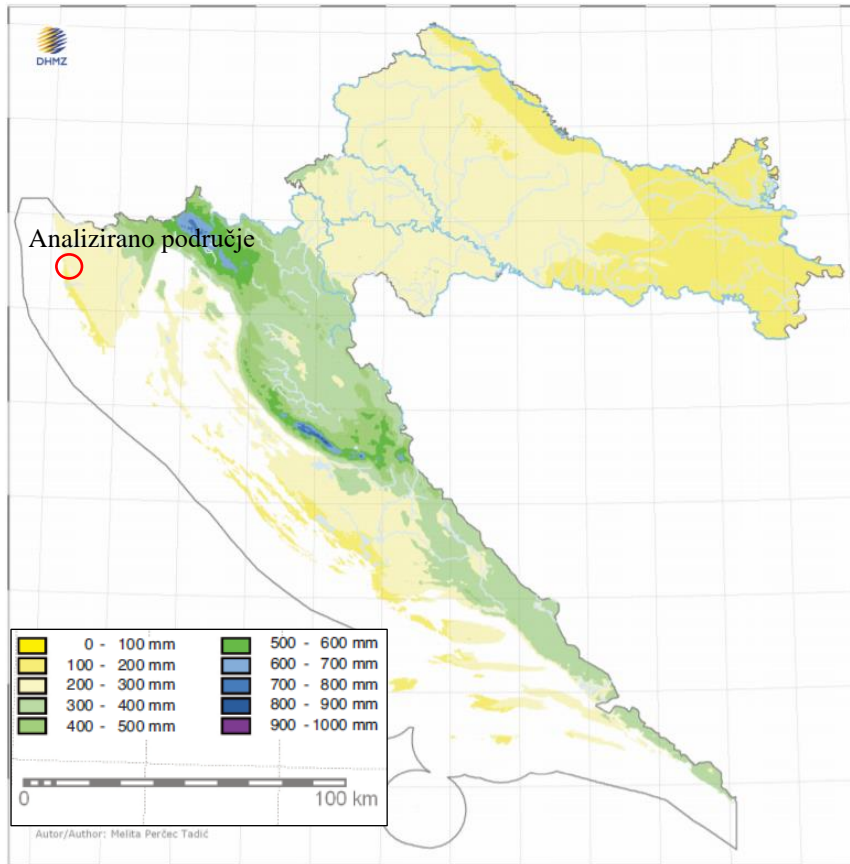


Slika 11. Srednja godišnja količina oborina za područje Republike Hrvatske, [6]

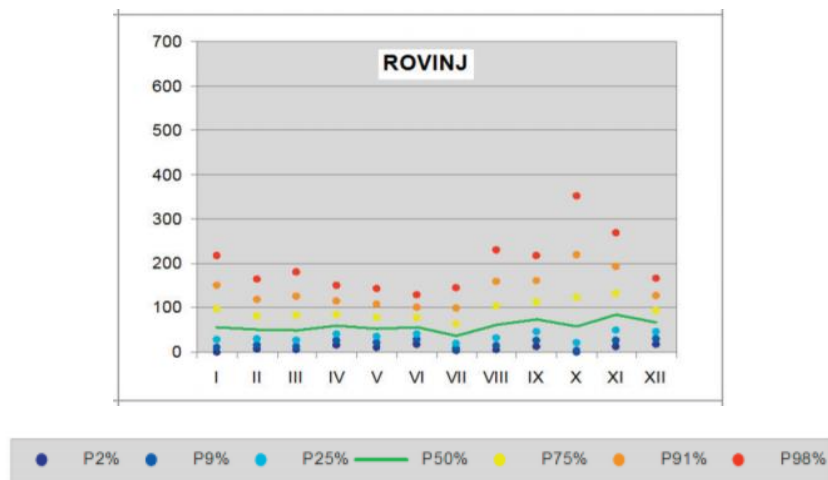


Slika 12. Srednja godišnja količina oborine za grad Rovinj (godišnji hod srednje (R), minimalne (Rmin) i maksimalne (Rmax) mjesečne količine oborine i maksimalne dnevne količine oborine (Rd<sub>max</sub>), mm), [6]

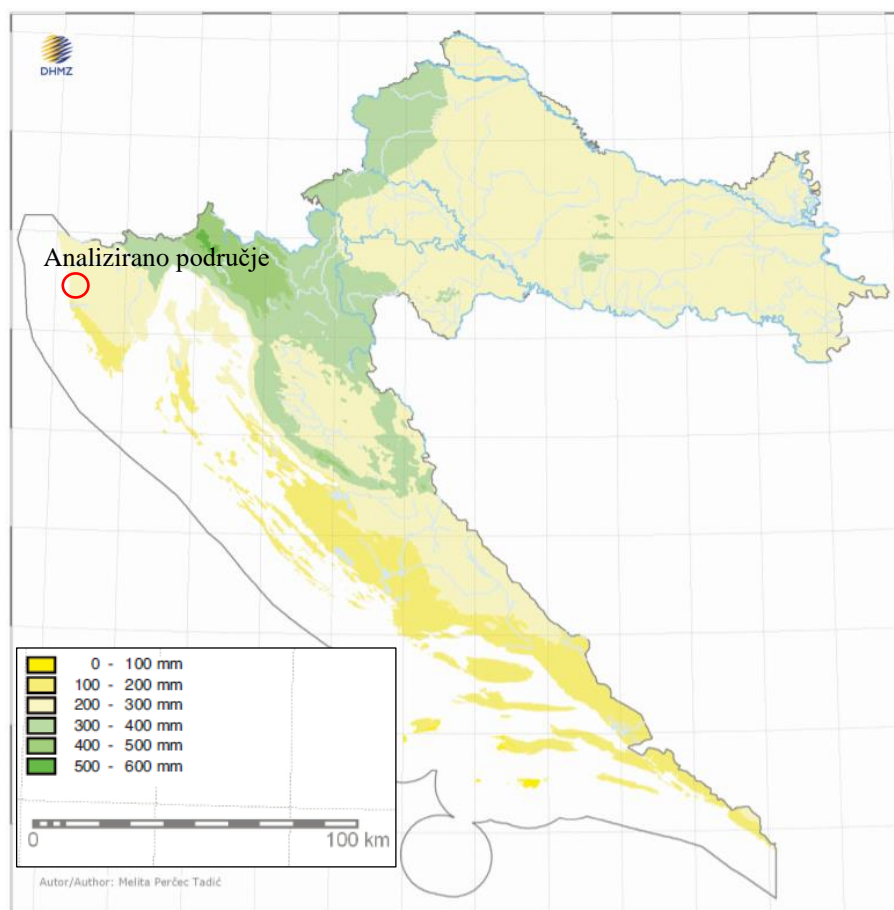
Na slici 11. prikazana je srednja godišnja količina oborine u Republici Hrvatskoj. Iz priloženog se može vidjeti kako u zapadnom dijelu Istre gdje se nalazi Poreč nema puno oborina u usporedbi s ostatkom Istre. Rezultati grada Rovinja, koje se mogu preslikati za grad Poreč, prikazani su na slici 12. Na slikama 13.-18. prikazane su srednje količine oborina za godišnja doba proljeće, ljeto i jesen, [6].



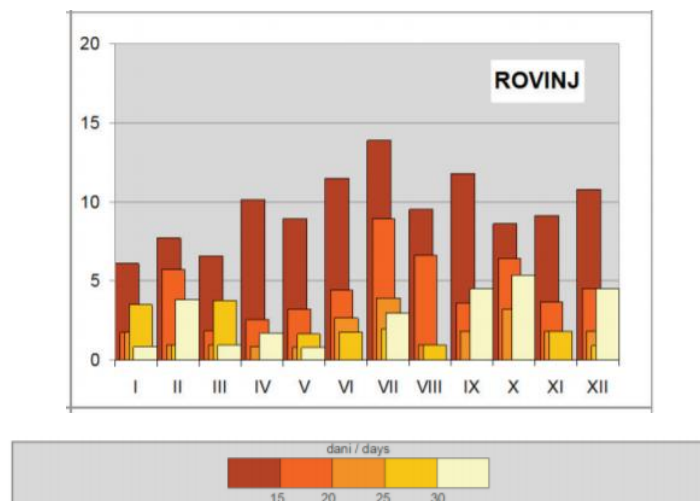
Slika 13. Srednja količina oborine za godišnji period proljeća u Republici Hrvatskoj, [6]



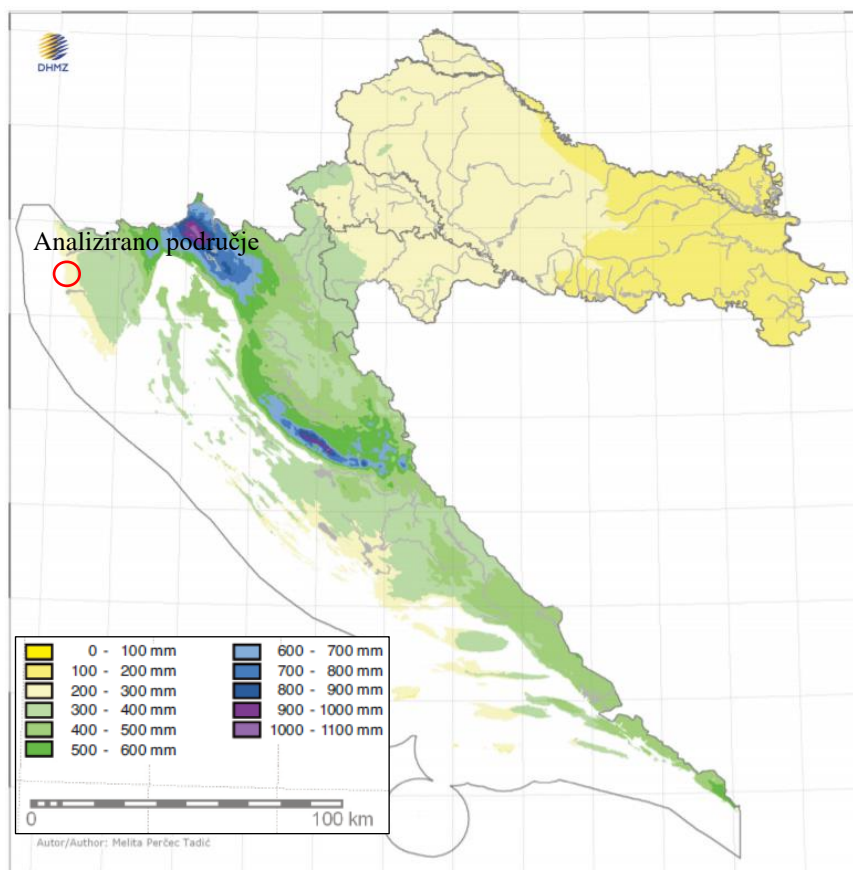
Slika 14. Srednja količina oborine za period proljeća - Rovinj (godišnji hod 2, 9, 25, 50, 75, 91. i 98. percentila mjesečnih količina oborina mm), [6]



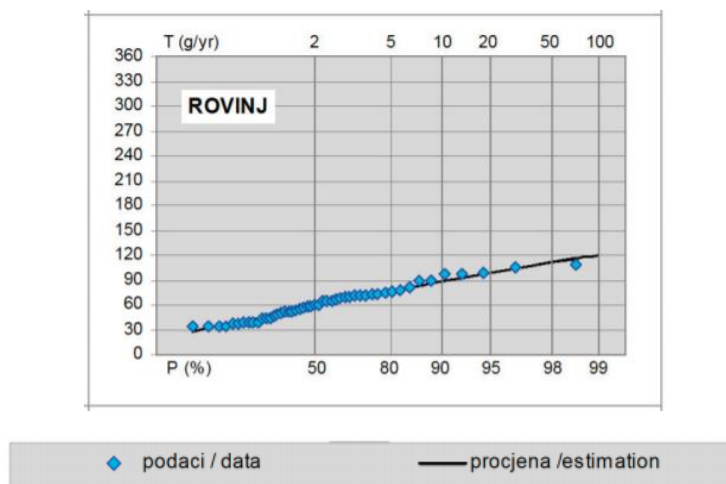
Slika 15. Srednja količina oborine za period ljeta u Republici Hrvatskoj, [6]



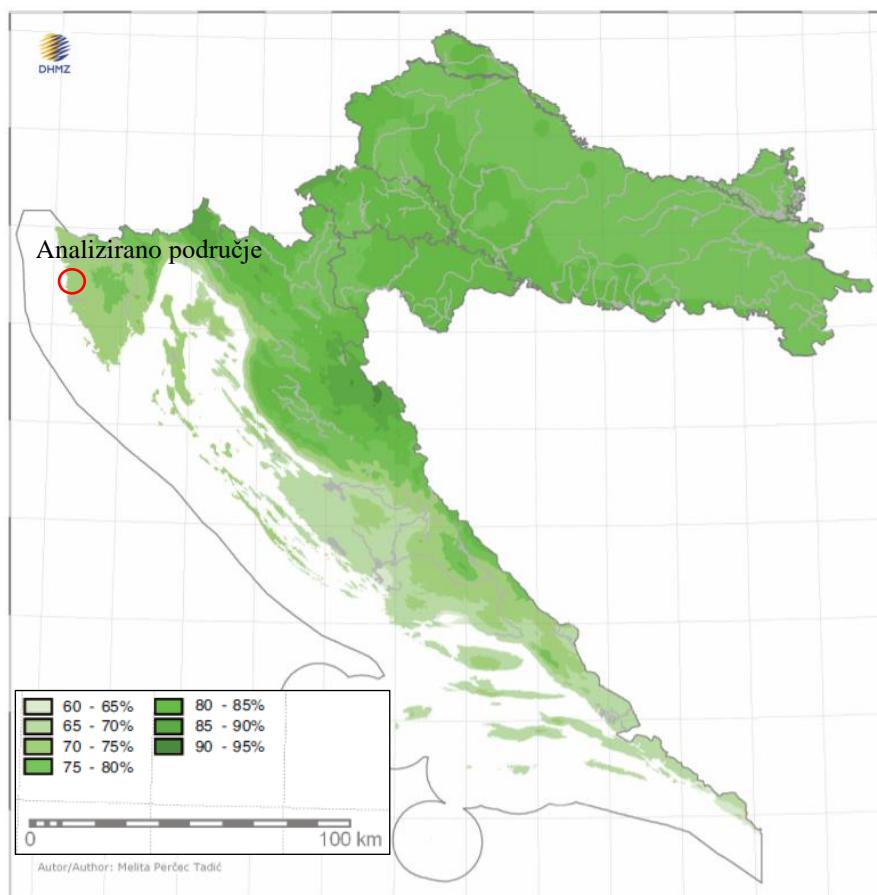
Slika 16. Srednja količina oborine za period ljeta – grad Rovinj (godišnji hod učestalosti (%) sušnih razdoblja trajanja 11-15 dana, 16-20 dana, 21-25 dana, 25-30 dana i >= 30 dana), [6]



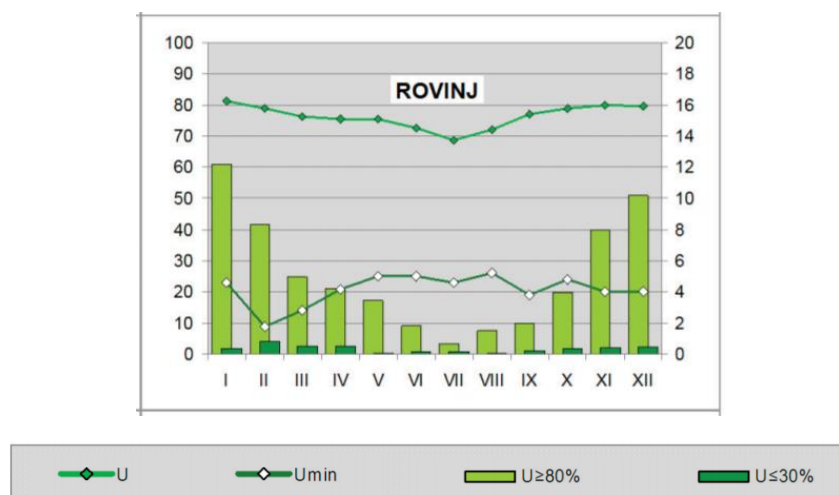
Slika 17. Srednja količina oborine za period jeseni u Republici Hrvatskoj, [6]



Slika 18. Srednja količina oborine za period jeseni – grad Rovinj (izmjerene godišnje maksimalne dnevne količine oborine i procjene maksimuma pomoću opće razdiobe ekstremnih vrijednosti (GEV), 1951.-2000.), [6]



Slika 19. Vlažnost zraka u Republici Hrvatskoj, [6]



Slika 20. Vlažnost zraka za grad Rovinj (godišnji hod srednje (U) i minimalne terminske (Umin) relativne vlažnosti zraka (%), lijeva skala), te srednjeg broja dana s relativnom vlažnošću  $\leq 80\%$  u 14 sati i  $\leq 30\%$  u 7, 14 ili 21 sat (desna skala)), [6]

Vlažnost zraka je bitna za odvijanje raznih procesa u atmosferi, pa tako stvaranje oblaka, kiše i druge oborine ovisi prvenstveno o vlažnosti zraka. O njoj također ovisi i količina vode u tlu kao i stanje vodotoka. Što se Istre tiče, područje najveće vlažnosti zraka je na Učki (84%) i Ćićariji, u Pazinskoj kotlini vlažnost je nešto manja (75-80%) dok je na obali najmanja (manje od 75%). U godini se također javljaju minimalne terminske vrijednosti prilikom spuštanja suhog zraka iz velike visine, pa je tako minimalna vlažnost zraka na zapadnoj obali Istre 26%. Kako su ciklonalne aktivnosti manje na Jadranu nego u ostatku Hrvatske, Jadran bilježi manje izrazito vlažnih dana nego unutrašnjost što se može vidjeti na slici 19. Na slici 20. se može vidjeti kako se najviše dana s izrazito velikom vlažnosti pojavljuje u prosincu ili siječnju, a najmanje u mjesecu srpnju, [6].

## 2.4 Geomorfološke značajke

Istarski poluotok sadrži tri reljefne cjeline, a to su: Bijela Istra koja se nalazi na brdovitom sjevernom dijelu, Siva Istra na nižem flišnom pobrđu te Crvena Istra na niskim vapnenačkim zaravnima (Slika 21.). Te je cjeline odredio N. Krebs 1907. godine na temelju geološkog sastava i različitih vrsta tala, [8].



Slika 21. Geomorfološke značajke Istre, [7]

Bijela Istra poznata je kao visoka zona Istre u kojoj prevladava goli krš i vapnenačke goleti koje su nastale krčenjem šuma. Ona obuhvaća gorski hrbat Učke i gorsku Ćićariju koji se nalaze na krajnjem sjeverozapadnom i sjeveroistočnom dijelu istarskog poluotoka. Ovaj dio Istre obilježili su jaki tektonski pokreti zbog čega su nastali različiti smjerovi pružanja slojeva. Brdski dio područja oskudan je obradivom površinom, te zbog okršenosti vapnenca nema površinske vode, [8].

Siva Istra obuhvaća središnji dio istraskog poluotoka koji je odvojen od visoke zone rasjednim odsjekom i do 100 m. Naziv proizlazi zbog naslaga fliša koje sadrže veliku količinu gline koja je sive boje. Flišne naslage s vodonepropusne zbog čega je prostor snižen erozijskim djelovanjem te razdijeljen brojnim tekućicama u jaruge niz koje se slijevaju oborinske vode. Bitan element reljefa u tom dijelu Istre jesu složene doline rijeka Mirne i Raše s pritocima, čije je oblikovanje uvjetovano sastavom stijena. U području gdje prevladavaju mekše stijene poput flišnih naslaga, rijeke karakterizira razgranata mreža pritoka, dok su u području gdje prevladavaju karbonatne stijene rijeke uz pomoć nošenog materijala usjekle duboke i strme kanjone. Središnji je dio Istre, osobito oko Pazina i Buzeta, zbog bujne vegetacije, poznat i kao Zelena Istra te u njemu uglavnom prevladavaju poljoprivredne površine, [8].

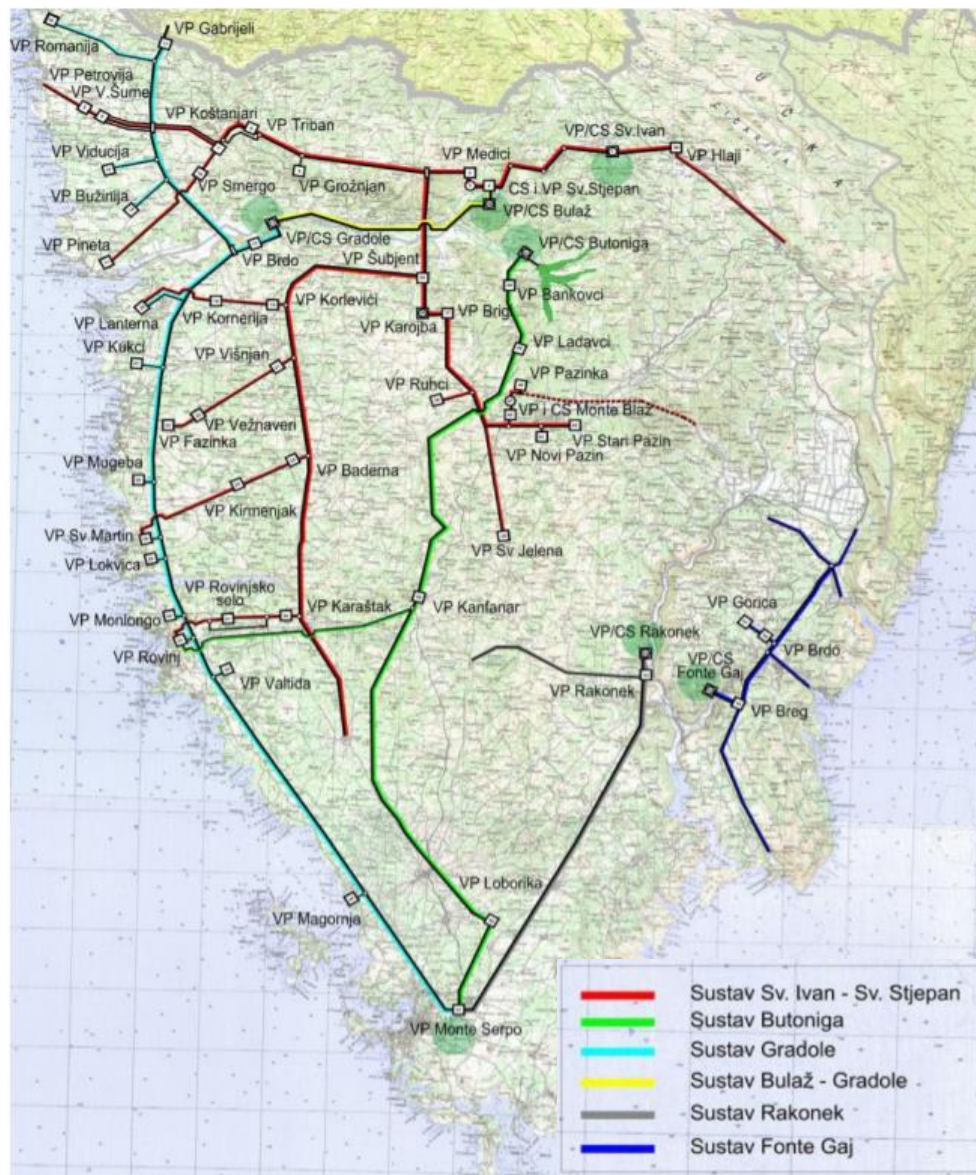
Crvena Istra, kojoj pripada grad Poreč, obuhvaća nisko i zaravnjeno primorsko područje koje se prostire od Piranskog zaljeva sve do Plomina. Za ovo je područje karakteristična vapnenačka podloga koja je podložna kemijskom trošenju zbog čega nastaju brojne pukotine, ponikve, špilje, jame i ponori. Zbog blagih nagiba onemogućeno je ispiranje tla zbog čega dolazi do nakupljanja zemlje crvenice. Za zapadnu i južnu obalu Istre karakterističan je potopljeni krški reljef, [8].

## **2.5 Vodoopskrbni sustav Istre**

Ukupne raspoložive količine vode na prostoru Istre, prema hidrološkim analizama te studijima i bilancama, dugoročno su dostatne za zadovoljavanje zahtjeva vodoopskrbe na tome području. No međutim, na razini pojedinačnih područja opskrbe, izvorišta i potrošača ne zadovoljavaju. Problem se javlja zbog toga što se većina izvora nalazi u unutrašnjosti Istre, a većina potrošača je smještena u priobalju. Također, najveći se zahtjevi za vodoopskrbom javljaju ljeti, a upravo je tada izdašnost izvora najmanja, [9].



U Istri se nalazi više samostalnih vodovoda koji nisu međusobno povezani (Slika 22.). Svaki od vodovoda (Vodovod Sv. Ivan - Sv. Stjepan, Vodovod Gradole, Vodovod Butoniga, Vodovod Rakonek - Pula, Vodovod Fonte - Gaj Labin) ima svoje vlastito izvorište i transportno - distribucijski sustav te svoje područje opskrbe, [9].



Slika 22. Sadašnji vodovod na istarskom poluotoku, [9]

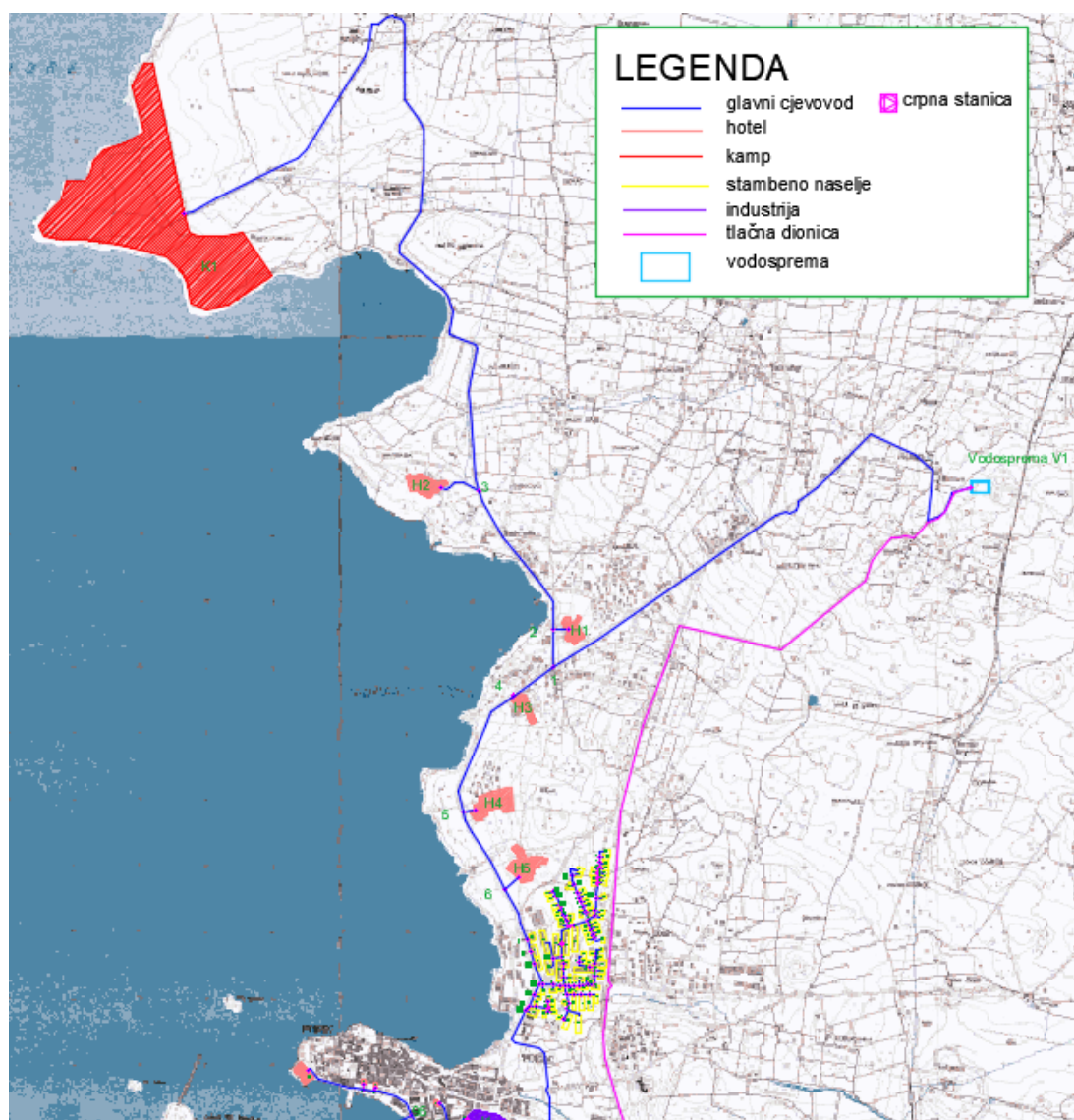
Najveći problem s kojim se susreće istarski poluotok jest taj što vodovodi nisu međusobno povezani, iako se fizički dotiču i preklapaju zbog čega su kapaciteti nekih vodovoda danas skoro pa u potpunosti iscrpljeni (primjer Gradole), jer se ne mogu pomoći kapacitetom drugih vodovoda koji su trajno i dugo neiskorišteni (primjer Butoniga). Ovo je razlog zbog čega neki prostori Istre mogu biti s obiljem vode, dok drugi mogu imati izrazitu nestašicu, [9].

### 3. MJERODAVNE KOLIČINE

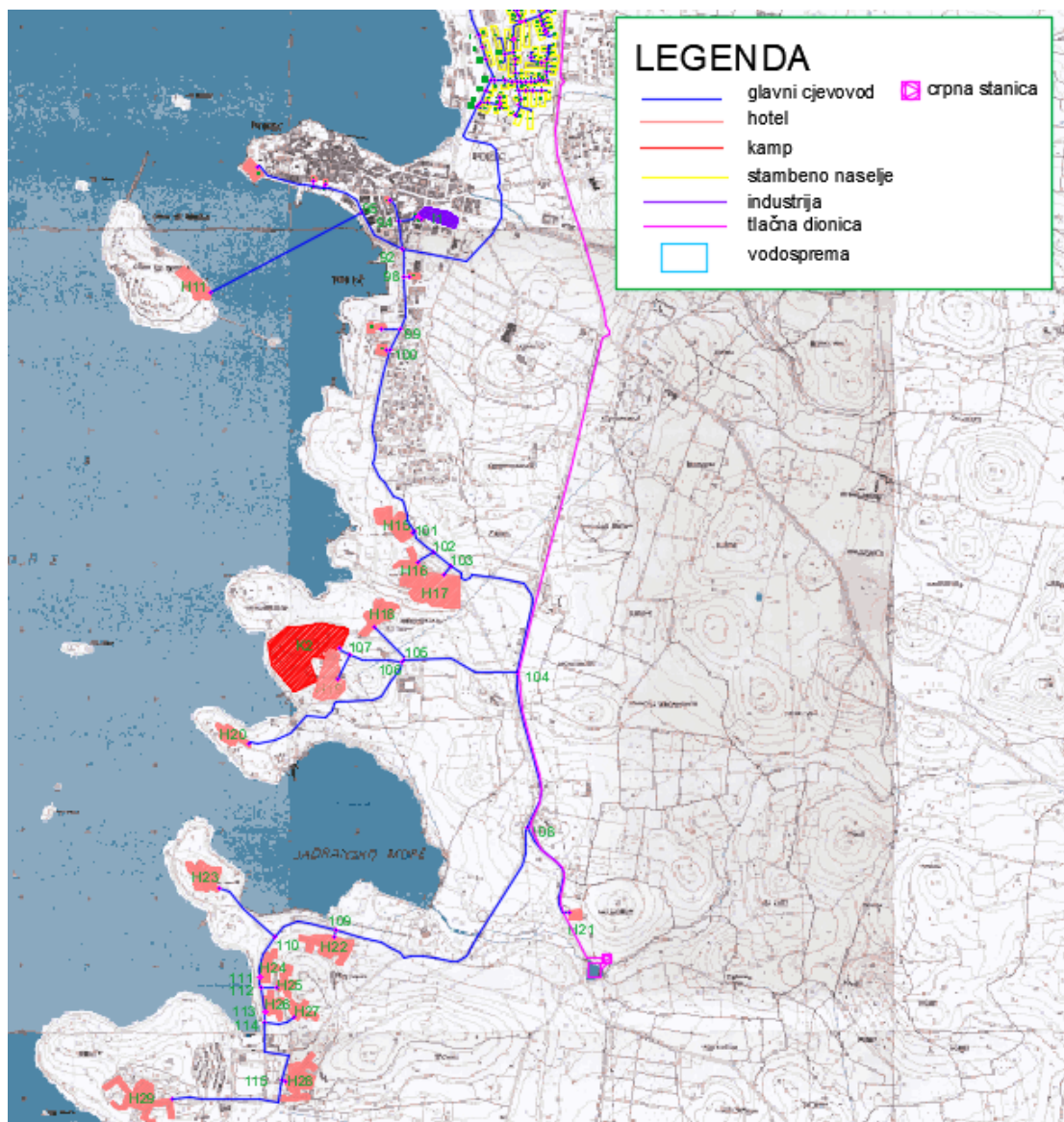
#### 3.1 Određivanje potrošača

Za ovaj diplomski rad uzeto je područje grada Poreča zajedno sa njegovim naseljima, koje ima ukupno 16.696 stanovnika.

Na slici 23. i 24. prikazani su potrošači koji su uzeti za provedbu hidrauličkog proračuna. Te potrošače čine veliki potrošači poput hotela, kampova, privatnog smještaja i industrije.



Slika 23. Potrošači vodoopskrbnog sustava



Slika 24. Potrošači vodoopskrbnog sustava, nastavak

### 3.2 Određivanje broja stanovnika

Izračun konačnog broja stanovnika na kraju projektnog razdoblja provodi se sljedećom formulom:

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

Parametri u formuli (1) su sljedeći:

- $N_0$  – sadašnji broj stanovnika

- $p$  – godišnji postotak prirasta stanovništva (%)
- $Rp$  – projektno razdoblje (u godinama).

Sadašnji broj stanovnika iznosi 16.696, godišnji postotak prirasta stanovništva je 1,1 %. Ova vodoopskrbna mreža predviđena je za projektno razdoblje od 30 godina. Uvrštavanjem ovih podataka u formulu dobiva se konačni broj stanovnika na kraju projektnog razdoblja koji iznosi:

$$N_k = 16\ 696 * \left(1 + \frac{1.1}{100}\right)^{30} = 23\ 182 \text{ stanovnika}$$

Za potrebe ovog rada usvojen je konačan broj turista od 27.661. Odabrano je 29 hotela od kojih je 14 sa 4 zvjezdice, 14 sa 3 zvjezdice te jedan hotel od 2 zvjezdice. Usvojeno je da će hoteli sa 4 zvjezdice zajedno primiti 4.145 turista, hoteli sa 3 zvjezdice 4.496 turista, dok će hotel od 2 zvjezdice primiti 44 turista. Odabereni su dva kampa koja će primiti 3.645 turista. Kapacitet privatnog smještaja iznosi 15.331 turista.

### 3.3 Specifična potrošnja vode

Specifična potrošnja vode se definira kao potrošnja vode po jednom stanovniku u roku od jednog dana (l/stanovniku/dan). Ona se sastoji od potrošnje za različite potrebe i ovisi o stupnju sanitarno-tehničke opremljenosti stanova, kvaliteti i cijeni vode, postojanju kanalizacije, uređenju naselja i slično. Ona je također osnovna veličina kod funkcionalnog dimenzioniranja vodoopskrbnog sustava, te određuje hoće li neka vodoopskrbna mreža tijekom projektnog razdoblja zadovoljiti potrebe. Također se kod određivanja specifične potrošnje vode treba naglasiti da li se potrošnja odnosi na potrošnju vode za naselje ili za ostale kategorije potrošača, primjerice industrije, [11].

Specifične potrošnje vode za pojedine kategorije potrošača u ovom radu iznose:

- Stanovništvo:  $q_{sp, stan} = 350 \text{ l/stan/dan}$
- Hotel \*\*\*\*:  $q_{sp, hot****} = 500 \text{ l/stan/dan}$
- Hotel \*\*\*:  $q_{sp, hot***} = 400 \text{ l/stan/dan}$
- Hotel \*\*:  $q_{sp, hot**} = 350 \text{ l/stan/dan}$
- Kamp:  $q_{sp, kamp} = 150 \text{ l/stan/dan}$
- Privatni smještaj:  $q_{sp, pr.smje} = 300 \text{ l/stan/dan}$ .

### 3.4 Srednja dnevna potrošnja vode

Srednja dnevna potrošnja vode  $\bar{Q}_{sr,dn}$  [lit./dan] može se odrediti na temelju podataka o specifičnoj potrošnji vode  $q_{sp}$  i konačnom broju stanovnika na kraju projektnog razdoblja  $N_k$ . To je prikazano sljedećom formulom, [11]:

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

$$\bar{Q}_{sr,dn.stan} = 350 * 23.182 = 8.113.700 \text{ l/dan}$$

$$\bar{Q}_{sr,dn.hotel****} = 500 * 4.145 = 2.072.500 \text{ l/dan}$$

$$\bar{Q}_{sr,dn.hotel***} = 400 * 4.496 = 1.798.400 \text{ l/dan}$$

$$\bar{Q}_{sr,dn.hotel**} = 350 * 44 = 15.400 \text{ l/dan}$$

$$\bar{Q}_{sr,dn.kamp} = 150 * 3.645 = 546.750 \text{ l/dan}$$

$$\bar{Q}_{sr,dn.pr.smje} = 300 * 15.331 = 4.599.300 \text{ l/dan}$$

Suma svih srednjih dnevnih potrošnji vode daje srednju dnevnu ukupnu potrošnju vode, a prikazana je sljedećim izrazom, [12]:

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

$$\bar{Q}_{uk.sr,dn} = \bar{Q}_{sr,dn.stan} + \bar{Q}_{sr,dn.hotel****} + \bar{Q}_{sr,dn.hotel***} + \bar{Q}_{sr,dn.hotel**} + \bar{Q}_{sr,dn.kamp} +$$

$$\bar{Q}_{sr,dn.pr.smje} = 17.146.050 \text{ l/dan} = 17.146,05 \text{ m}^3/\text{dan} = 198,45 \text{ l/s}$$

### 3.5 Maksimalna dnevna potrošnja vode

Maksimalna dnevna potrošnja vode  $Q_{max,dn}$  ( $\frac{l}{dan}$ ) jest umnožak srednje dnevne potrošnje i koeficijenta neravnomjernosti najveće dnevne potrošnje što je prikazano sljedećim izrazom, [14]:

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

Maksimalna dnevna potrošnja vode mjerodavna je kod hidrauličkog dimenzioniranja vodozahvata, uređaja za kondicioniranje vode, vodospreme, crpne stanice (osim potisnih vodoopskrbnih sustava), glavnih dovodnih cjevovoda, [13].

U ovom diplomskom radu konačan broj stanovnika iznosi 23.182 zbog čega se usvaja koeficijent neravnomjernosti za naselje gradskog tipa od 10.000 do 50.000 stanovnika te on iznosi 1,4. Za hotele koji imaju 4, 3 i 2 zvjezdice usvaja se koeficijent neravnomjernosti od 1,6. Za kamp se usvaja koeficijent neravnomjernosti od 2,0. Koeficijent neravnomjernosti koji se usvaja za privatni smještaj jest 1,8 [10].

$$\begin{aligned} Q_{max.dn.stan} &= k_{max.dn.stan} * \bar{Q}_{sr,dn.stan} = 1,4 * 8.113.700 = 11.359.180 \frac{l}{dan} = \\ &= 11.359,18 \text{ m}^3/dan \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Q_{max.dn.hotel****} &= k_{max.dn.hotel} * \bar{Q}_{sr,dn.hotel} = 1,6 * 2.072.500 = 3.316.000 \frac{l}{dan} \\ &= 3.316 \text{ m}^3/dan \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Q_{max.dn.hotel***} &= k_{max.dn.hotel} * \bar{Q}_{sr,dn.hotel} = 1,6 * 1.798.400 = 2.877.440 \frac{l}{dan} = \\ &= 2.877,44 \text{ m}^3/dan \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Q_{max.dn.hotel**} &= k_{max.dn.hotel} * \bar{Q}_{sr,dn.hotel} = 1,6 * 15.400 = 24.640 \frac{l}{dan} \\ &= 24,64 \text{ m}^3/dan \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Q_{max.dn.kamp} &= k_{max.dn.kamp} * \bar{Q}_{sr,dn.kamp} = 2,0 * 546.750 = 1.093.500 \frac{l}{dan} = \\ &= 1.093,50 \text{ m}^3/dan \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Q_{max.dn.pr.smje} &= k_{max.dn.pr.smje} * \bar{Q}_{sr,dn.kamp} = 1,8 * 4.599.300 = 8.278.740 \frac{l}{dan} = \\ &= 8.278,74 \text{ m}^3/dan \end{aligned}$$

Ukupna maksimalna dnevna potrošnja vode računa se prema sljedećem izrazu, [12]:

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

$$\begin{aligned}
 Q_{uk.max.dn} &= Q_{max.dn.stan} + Q_{max.dn.hotel****} + Q_{max.dn.hotel***} + Q_{max.dn.hotel**} \\
 &\quad + Q_{max.dn.kamp} + Q_{max.dn.pr.smje} = 26.949.500 \text{ l/dan} = 26.949,5 \text{ m}^3/\text{dan} \\
 &= 311,92 \text{ l/s}
 \end{aligned}$$

### 3.6 Maksimalna satna potrošnja vode

Maksimalna satna potrošnja  $Q_{max,sat} \left(\frac{l}{h}\right)$  jest najveća potrošnja vode u jednom satu u danu kada je najveća potrošnja vode. Ona je mjerodavna za hidraulički proračun i dimenzioniranje crpnih stanica kod glavnih dovodnih i odvodnih cjevovoda, razdjelnih mreža te potisnih vodoopskrbnih sustava, [12].

Maksimalna satna potrošnja vode proračunava se umnoškom koeficijenta neravnomjernosti najveće satne potrošnje vode i maksimalne dnevne potrošnje vode što je prikazano sljedećim izrazom:

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

$$Q_{max.sat.stan} = K_{max.sat} * \frac{Q_{max.dn.stan}}{24} = 1,6 * \frac{11.359.180}{24} = 757.278,67 \frac{l}{h} = 210,36 \text{ l/s}$$

$$\begin{aligned}
 Q_{max.sat.hotel****} &= K_{max.sat} * \frac{Q_{max.dn.hot****}}{24} = 2,2 * \frac{3.316.000}{24} = 303.966,67 \frac{l}{h} \\
 &= 84,44 \text{ l/s}
 \end{aligned}$$

$$Q_{max.sat.hotel***} = K_{max.sat} * \frac{Q_{max.dn.hot***}}{24} = 2,2 * \frac{2.877.440}{24} = 263.765,33 \frac{l}{h} = 73,27 \text{ l/s}$$

$$Q_{max.sat.hotel**} = K_{max.sat} * \frac{Q_{max.dn.hot**}}{24} = 2,2 * \frac{24.640}{24} = 2.258,67 \frac{l}{h} = 0,63 \text{ l/s}$$

$$Q_{max.sat.kamp} = K_{max.sat} * \frac{Q_{max.dn.kamp}}{24} = 2,3 * \frac{1.093.500}{24} = 104.793,75 \frac{l}{h} = 29,11 \text{ l/s}$$

$$Q_{max.sat.pr.smje} = K_{max.sat} * \frac{Q_{max.dn.pr.smje}}{24} = 2,2 * \frac{8.278.740}{24} = 758.884,5 \frac{l}{h} = 210,8 \text{ l/s}$$

Ukupna maksimalna satna potrošnja vode računa se prema sljedećem izrazu, [12]:

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

$$Q_{uk,max,sat} = Q_{max,sat,stan} + Q_{max,sat,hotel****} + Q_{max,sat,hotel***} + Q_{max,sat,hotel**} + Q_{max,sat,kamp} + Q_{max,sat,pr.smje} = 2.190.947,59 \text{ l/h} = 608,60 \text{ l/s}$$

### 3.7 Potrošnja vode za industriju

Potrošnja vode za industriju ovisi o vrsti industrije kao i o tehnološkom procesu koji je primijenjen. Ona se najčešće određuje anketiranjem proizvodnih tehnologa. Potrošnja vode jako varira po jedinici proizvoda te je vrlo različita, [10].

Ovim su radom obuhvaćene tri industrijske proizvodnje koje su karakteristične na danom analiziranom području. Količina vode za industriju u razdoblju od 6-22 sati (16 sati rada) dnevno iznosi 4 l/s. Industrije koje se nalaze na promatranom području jesu: fotograf, pekar, frizer. Na slici 25. prikazana je potrošnja vode po proizvodnom procesu za svaku industriju, [10].

Betonare	po t proizvoda	400...1800
Ciglane	po 1000 kom.opeke	500
Duhanska tvornica	po kg duhana	15...20
Fotograf	po zaposlenom na dan	300
Frizer	po zaposlenom na dan	250...300
Gradilišta	po 1000 kom. ugrađene opeke	750
Klaonice	po komadu krupne stoke	300...600
	po komadu sitne stoke	200...300
Klimatizacija	po osobi na dan	10...20
Tvornica konzervi	po kg proizvoda	10
Kožare	po velikoj koži	2000...3000
	po maloj koži	1200...1500
Mesar	po zaposlenom	250...400
Mljekare	po l mlijeka	4...8
Tvornica papira	po kg proizvoda	200...1000
Pekar	po zaposlenom	150...250
Pivovara	po l piva	10...20
Slastičar	po zaposlenom	180...250
Povrtnjak	po m <sup>2</sup>	1,0
Praonica rublja	po kg suhog rublja	30...60
Rudnici	po kg ugljena	2,5
Špiritare	po l špirta	30
Staklenici	po m <sup>2</sup>	1,5
Šećerane	po kg šećera	120
Tekstilna tvornica	po zaposlenom	100...2500
Tvornica tjestenine	po kg proizvoda	5,0
Tvornice	po zaposlenom (bez pogonske vode)	80
Željezare	po kg proizvoda	15...50

Slika 25. Potrošnja vode po proizvodnom procesu, [10]



Dnevne potrebe za svaku industriju jesu:

- Fotograf (po zaposlenom na dan - 300 litara (150 zaposlenih) – 45.000 l/dan)
- Pekar (po zaposlenom – 150-250 litara (309 zaposlenih) – 76.941 l/dan)
- Frizer (po zaposlenom na dan – 250-300 litara (361 zaposlenih) – 108.300 l/dan).

Iz navedenog slijedi da je ukupna dnevna potrošnja za industriju 230.241 l/dan.

Potrošnja vode koju industrije trebaju kako bi radile neometano, računa se prema sljedećem izrazu, [12]:

$$Q_{ind} = Q_{max,sat} * 60 \text{ min} * 60 \text{ s} * 16 \text{ h} \quad (8)$$

$$Q_{ind} = 4 * 60 \text{ min} * 60 \text{ s} * 16 \text{ h} = 230.400 \text{ l/dan} = 230,4 \text{ m}^3/\text{dan}$$

Ukupna maksimalna satna potrošnja za vodom koja uključuje stanovništvo, turizam te industriju proračunava se prema sljedećem izrazu:

$$Q_{uk.max.sat} = \sum Q_{max.sat} + Q_{ind} \quad (9)$$

$$Q_{uk.max.sat} = 2.190.947,59 \text{ l/h} + 230.400 \text{ l/dan} = 611,27 \text{ l/s}$$

### 3.8 Potrošnja vode za gašenje požara

Određivanje potrebne količine vode za gašenje požara se razlikuje od normiranja za potrebne količine stanovništva i industrije. Suvremena sredstva predviđaju vanjsko gašenje požara te unutarnje gašenje požara. Vanjsko gašenje požara podrazumijeva gašenje pomoću vodnih mlazeva iz požarnih hidranata, dok unutarnje gašenje požara podrazumijeva gašenje posredstvom požarnih ventila koji su instalirani na unutarnjim vodovodnim cijevima, [10]. Za gašenje požara potrebno je odrediti:

- potrošnju vode za gašenje požara (l/s)
- broj istovremenih požara na području grada ili industrije
- minimalno trajanje gašenja požara (h).

Ovi su parametri u Republici Hrvatskoj propisani Pravilnikom o tehničkim normativima za hidrantsku mrežu za gašenje požara (Narodne novine RH 53/91) te su prikazani na tablici 2., no postoji i noviji pravilnik, Pravilnik o hidrantskoj mreži za gašenje požara (NN 8/06), [10].

Tablica 2. Pravilnik o tehničkim normativima za hidrantsku mrežu za gašenje požara, [10]

Veličina naselja	Broj istovremenih požara [1]	Minimalno trajanje gašenja požara	Potrošnja vode po jednom požaru $q_p$ [lit./s]
Sela ispod 1000 stanovnika	1	2	5
Manja naselja do 5000 stanovnika	1	2	10
Naselja od 6000 do 10000 stanovnika	1	2	15
Gradovi od 11000 do 25000 stanovnika	2	2	15
Gradovi od 26000 do 50000 stanovnika	2	2	25
Gradovi od 51000 do 100000 stanovnika	2	2	35
Gradovi od 101000 do 200000 stanovnika	3	2	40
Gradovi od 201000 do 300000 stanovnika	3	2	50
Gradovi od 301000 do 400000 stanovnika	3	2	60
Gradovi od 401000 do 500000 stanovnika	3	2	70
Gradovi od 501000 do 600000 stanovnika	3	2	75
Gradovi od 601000 do 700000 stanovnika	3	2	80
Gradovi od 701000 do 800000 stanovnika	3	2	85
Gradovi od 801000 do 1000000 stanovnika	3	2	90
Gradovi od 1001000 do 2000000 stanovnika	4	2	90

U ovom je radu predeviđena izgradnja sustava vanjske hidrantske mreže za gašenje požara. Proračunom konačnog broja stanovnika na kraju projektnog razdoblja dobiveno je 23.182 stanovnika čemu se još pridodaje 27.661 turista. Ovo se predmetno područje svrstava u naselje gradskog tipa od 51.000 do 100.000 stanovnika. U tablici 2. može se isčitati kako su ovom tipu naselja mjerodavna dva istovremena požara i potrebna količina za gašenje požara je 35 l/s, te je minimalno trajanje gašenja požara 2 sata.

Potrošnja vode koja je potrebna za gašenje požara prikazana je sljedećim izrazom, [12]:

$$Q_{\text{požar.naselje}} = 2 * 2 \text{ h} * 3600 \text{ s} * 35 \text{ l/s} = 504.400 \text{ l/dan} = 504 \text{ m}^3/\text{dan} \quad (10)$$

Potrošnja vode za gašenje požara u industriji ovisi o [10]:

- stupnju otpornosti objekta prema požaru,
- kategoriji tehnološkog procesa prema ugroženosti od požara, te
- volumenu objekta.

Ovisno o navedenim parametrima, potrošnja vode za gašenje požara u industriji se kreće od 10 do 35 (l/s) po jednom požaru. Ukoliko je površina na kojoj se nalazi industrijski objekt do 150 ha (hektara), računa se s jednim istovremenim požarom, a ukoliko je veća od 150 ha s dva istovremena požara, [10].

U ovom diplomskom radu utvrđena je površina industrije koja je manja od 150 ha, što znači da se usvaja jedan istovremeni požar. Uzeto je da je minimalno trajanje požara 2 sata, a potrebna količina vode po jednom požaru jest 20 l/s.

Potrošnja vode koja je potrebna za gašenje požara u industriji prikazana je sljedećim izrazom:

$$Q_{\text{požar. ind}} = 1 * 2 \text{ h} * 3600 \text{ s} * 20 \text{ l/s} = 144.000 \text{ l/dan} = 144 \text{ m}^3/\text{dan} \quad (11)$$

### 3.9 Potrošnja vode za vlastite potrebe

Potrošnja vode za vlastite potrebe je potrošnja za potrebe svakog vodoopskrbnog sustava za ispiranje te izvedbu vodoopskrbnih objekata. Najčešće se te količine određuju na temelju iskustva, jer u praksi ne postoje odgovarajući normativi. Potrošnja vode za vlastite potrebe iznosi ili 5-10 % srednje dnevne potrošnje, ili 1-2 % maksimalne dnevne potrošnje. Usvaja se ona količina koja je veća, [10]:

$$Q_{\text{vl.potr.}} = 1 - 2\% [Q_{\text{uk.max.dan}} + Q_{\text{ind.}}] \quad (12)$$

$$Q_{\text{vl.potr}} = 0.02 * (26.949.500 + 230.400) = 543.598 \text{ l/dan} = 6,29 \text{ l/s}$$

1. 1-2 % od maksimalne dnevne potrošnje = 543.598 (l/dan)
2. 10 % od ukupne srednje dnevne potrošnje = 1.714.605 (l/dan) =  $Q_{\text{mjerodavno}}$

### 3.10 Gubici vode u vodoopskrbnom sustavu

Vodu koja je zahvaćena, tj. koja je ušla u vodoopskrbni sustav, ali pritom nije stigla do krajnjeg korisnika i time nije izazvala nikakav prihod, nazivamo gubitkom. Veličina gubitaka ovisi o različitim čimbenicima, a neki od njih jesu: starost cijevi u vodoopskrbnom sustavu, tlak u mreži, kvaliteta izvedbe i materijala, slijeganje tla, vrsta i broj potrošača i slično. U našim je krajevima evidentan trend „starenja“ vodoopskrbnih sustava. Najčešće se spominje kako je najveći razlog tih gubitaka nedostatak materijalno – tehničkih pa i ljudskih kapaciteta, iako bi se mnoge aktivnosti mogle provesti uz minimalna financijska sredstva i s postojećim resursima, [14].

U ovom radu usvojena je karakteristika za izvrsne cjevovode. Iz tog se razloga ukupni gubici uzimaju u vrijednosti od 20 %. Ukupna se količina gubitaka vode u vodoopskrbnoj mreži računa na sljedeći način, [11]:

$$Q_{gubici} = 0.2 \cdot [Q_{uk.max.dan} + Q_{ind.}] \quad (13)$$

$$Q_{gubici} = 0.2 \cdot (26.949.500 + 230.400) = 5435,98 \text{ m}^3/\text{dan}$$

## 4. HIDRAULIČKI PRORAČUN VODOOPSKRBNOG SUSTAVA GRADA POREČA

Kod svakog vodoopskrbnog sustava potrebno je provesti hidraulički proračun kako bi se zadovoljili potrebni radni tlakovi te dovoljne količine vode za sve potrošače, [15].

Hidraulički proračun tečenja sa slobodnim vodnim licem razlikuje se od tečenja pod tlakom. Režim tečenja sa slobodnim vodnim licem se u praksi za kanale i cjevovode vrlo rijetko primjenjuje zbog velikih investicijskih troškova. Troškovi nastaju zbog velikih zemljanih radova koji su potrebni kako bi se osigurao konstantan uzdužni pad radi osiguranja opskrbnog tlaka, [15].

Tečenje pod tlakom može biti gravitacijsko ili kombinirano, te se odnosi na glavne opskrbne, opskrbno-dovodne cjevovode i na razdjelnu mrežu. Kod tečenja pod tlakom nije potreban jednoliki uzdužni pad cjevovoda nego cjevovod prati liniju terena.

Razdjelna vodoopskrbna mreža najčešće je granasta ili prstenasta. Kod granaste se mreže tečenje odvija u smjeru od vodospreme prema potrošačima, dok je kod prstenaste mogući dotok prema potrošačima iz više smjerova. Granastu mrežu karakteriziraju veći tlačni gubici i prekidi u slučaju kvarova, dok prstenasta mreža ima veću dužinu, te samim tim su i troškovi izgradnje veći, [15].

U ovom diplomskom radu koristi se shema granaste mreže (*Prilog 2.1*), odnosno voda teče gravitacijski u jednom smjeru od vodospreme prema potrošaču.

### 4.1 Rezultati hidrauličkog proračuna

Nakon zadavanja vodoopskrbnog sustava (potrošači, priključci glavne i razdijelne mreže), izračunatih vrijednosti potrebnih količina vode za pojedine kategorije potrošača te određenih dužina dionica izvršen je hidraulički proračun vodoopskrbnog sustava grada Poreča (*Prilog 1*).

Određivanje mjerodavnog protoka pojedine dionice provodi se množenjem virtualnih dužina svake dionice sa specifičnom potrošnjom vode po metru dužnom  $q_{spec}$ . Kod prve kontrole hidrauličkog proračuna vodoopskrbnog sustava, potrebno je da je suma svih vlastitih protoka

jednaka sumi maksimalne satne potrošnje stanovništva i privatnog smještaja, što u ovom slučaju zadovoljava.

Ukupni protok predstavlja protok koji se troši i prolazi određenom dionicom kako bi opskrbio nizvodnije potrošače. Potrošnja vode za požar podjeljena je na dva područja u gradu od kojih svaki dobiva 35 l/s, a za gašenje požara u industriji potrošnja vode iznosi 20 l/s. Mjerodavni protok za dimenziniranje cjevovoda određuje se tako da se izabere veća vrijednost između ukupnog protoka i protoka potrebnog za gašenje požara, [15].

Nakon proračuna mjerodavnih protoka potrebno je za svaku dionicu odrediti odgovarajući promjer cijevi, brzinu toka vode, pad dna cijevi, hidraulički gradijent, brzinsku visinu te linijske gubitke. U ovom diplomskom radu promjeri cijevi iznose između 250 i 800 mm. Nakon što su poznate vrijednosti mjerodavnog protoka te određeni promjeri, iz mjerodavnog nomograma za određeni materijal cijevi se mogu odrediti mjerodavne brzine  $v$  (m/s) i pad  $I$  (%) po dionicama, [15].

U ovom diplomskom radu, brzine su dobivene preko sljedeće formule, koja predstavlja bržu i točniju metodu proračuna:

$$v = \frac{Q_{mjer}^{*4}}{D^2 * \pi} \quad (14)$$

gdje je:

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

$D$  – promjer cijevi (mm, m).

Linijski gubici određeni su preko izraza:

$$\Delta h_{tr.} = \lambda \cdot \frac{L}{D} \cdot \frac{v^2}{2g} \quad (15)$$

gdje je:

$\lambda$  – Darcy-Weisbachov koeficijent trenja, (linijski koeficijent gubitaka), (/),

$L$  - dužina dionice (m),

$D$  – promjer cijevi (mm, m),

$v$  – brzina vode (m/s),

$g$  - konstanta gravitacije, ubrzanje polja sile teže (m/s<sup>2</sup>).

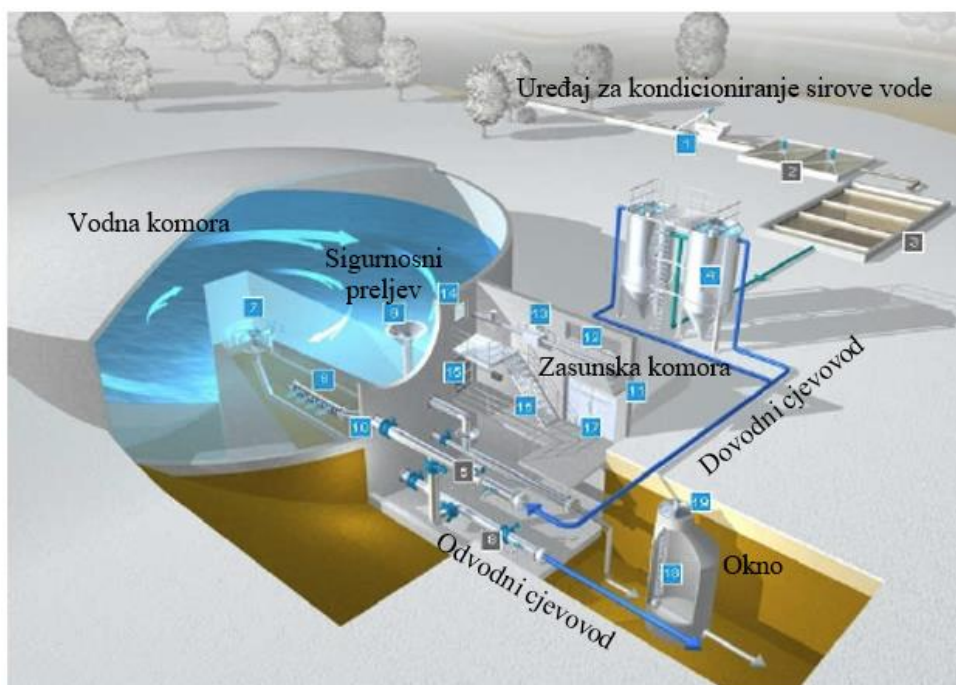
Hidrauličkim proračunom vodoopskrbnog sustava potrebno je odrediti i radne tlakove u mreži vodoopskrbnog sustava. Propisom je određeno da hidrodinamički tlakovi u razdjelnoj mreži trebaju biti u granicama od 2,5 do 7,5 bara, odnosno od 25 do 75 metara vodnog stupca (m V.st.). Ukoliko radni tlakovi nisu u dozvoljenim granicama, potrebno je unutar sustava upotrijebiti hidrofore (za podizanje radnog tlaka) ili reducir ventile (radi smanjenja radnog tlaka). Također je moguće izvršiti promjenu dispozicije vodospreme/vodotornja kako bi se razinu vode u vodespremi snizila ili podignula u odnosu na potrošače u sustavu. Prije same realizacije vodoopskrbnog sustava moguća je i promjena profila cijevi.

U *Prilogu 1.* prikazani su dobiveni radni tlakovi, koji se kreću između 2,5 i 5,9 bara čime je zadovoljen hidraulički proračun za dani vodoopskrbni sustav.

## 5. PRORAČUN VODOSPROME

### 5.1 Općenito o vodospremi

Vodosprema je građevina koja se postavlja između izvorišta i potrošača promjenjive potrošnje. Svaka vodosprema mora osigurati operativnu, protupožarnu i sigurnosnu rezervu te potrebnu razdiobu radnih tlakova u vodoopskrbnoj mreži. Vodospreme prema namjeni mogu biti sabirne ili glavne opskrbe. Sabirne komore se smještaju uz samo izvorište ili neposredno uz uređaj za kondicioniranje, dok glavne opskrbe ovise o topografskim i geološkim uvjetima te se grade neposredno ispred ili iza mjesta potrošnje. Prema pogonu vodospreme mogu biti visinske ili niske. Kod visinskih vodosprega se razina vode nalazi iznad potrošača, te zbog toga voda teče gravitacijski prema potrošaču, dok je niska vodosprema postavljena na visini koja ne osigurava potrebni opskrbeni tlak u vodoopskrbnoj mreži, te se iz tog razloga voda distribuira uz pomoć crpki. Svaka se vodosprema sastoji od vodne i zasunske komore, (Slika 26.). Vodna komora jest dio vodospreme u kojoj se nalazi spremnik s vodom, odnosno služi za spremanje rezervnih količina vode. U zasunskoj komori su smještene vodovodne armature, ispusti, preljevi, indikatori razine vode, te kraj dovodnog i početak odvodnog cjevovoda, [16].



Slika 26. Osnovni elementi vodospreme, [16]



U tablici 3. prikazane su preporučene dubine vode u vodnim komorama vodospreme (VS) ovisno o ukupnom volumenu vodospreme.

Tablica 3. Dubina vode u vodnim komorama ovisno o ukupnom volumenu VS, [16]

Veličina VS	Volumen [m <sup>3</sup> ]	Uobičajena dubina vode [m]	Preporučena dubina vode [m]
veoma male VS	< 100	2,00 – 2,50	2,50
male VS	100 – 200	2,75 – 3,50	3,00
VS srednje veličine	200 – 500	3,00 – 4,00	4,00
veće VS	500 - 2000	5,00 – 6,50	5,00
velike VS	> 2000	6,00 – 8,00	6,00

U našim je prilikama najčešća dubina vode u vodnim komorama od 4-5 m. Odabir dubine vode uglavnom ovisi o veličini građevinske parcele, vrsti terena, konstrukciji vodospreme te o visinskom položaju vodospreme ovisno o području opskrbe, [16].

## 5.2 Gravitacijski dotok vode u vodospremu

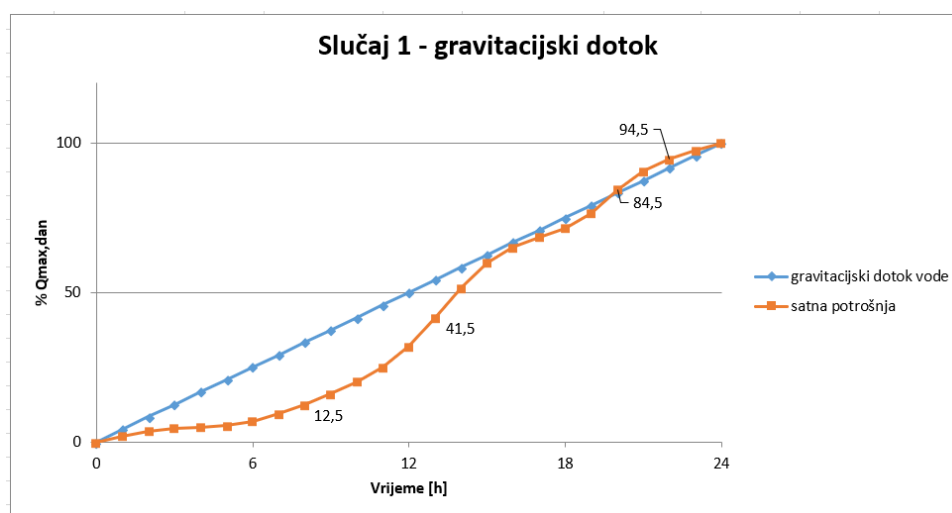
### 5.2.1 Operativna rezerva za gravitacijski dotok vode u vodospremu

Operativna rezerva ( $V_{RO}$ ) služi za izravnavanje oscilacija u potrošnji vode za stanovništvo i industriju pod pretpostavkom dnevnog izravnjanja, te se iskazuje kao maksimalna dnevna potrošnja u postocima (%  $Q_{max,dan}$ ). U tablici 4. prikazano je analitičko rješenje za operativnu rezervu kod gravitacijskog dotoka vode u vodospremu. Analitički proračun se temelji na potpunoj ispunjenosti vodospreme vodom unutar jednog dana. Ukoliko se u vodospremi javi manjak, tada je satna potrošnja veća od dotoka u vodospremu. Kada je u vodospremi višak vode onda je dotok vode u vodospremu veći u odnosu na satnu potrošnju. Satna potrošnja vode ovisi o razvijenosti područja, navikama stanovništva, industriji te je izraženija za manja naselja, [16].

Tablica 4. Proračun operativne rezerve za gravitacijski dotok vode u vodospremu

vrijeme	satna potrošnja	GRAVITACIJSKI DOTOK				
		dotok	manjak	višak	suma	
[h]	[%]	[%]	[%]	[%]	[%]	
0 - 1	2	4,2	-	2,2	2,2	
1 - 2	1,5	4,2	-	2,7	4,9	
2 - 3	1	4,2	-	3,2	8,1	
3 - 4	0,5	4,2	-	3,7	11,8	
4 - 5	0,5	4,1	-	3,6	15,4	
5 - 6	1,5	4,2	-	2,7	18,1	
6 - 7	2,5	4,1	-	1,6	19,7	
7 - 8	3	4,1	-	1,1	20,8	
8 - 9	3,5	4,2	-	0,7	21,5	
9 - 10	4	4,1	-	0,1	<b>21,6</b>	max
10 - 11	5	4,2	0,8	-	20,8	
11 - 12	7	4,2	2,8	-	18,0	
12 - 13	9,5	4,2	5,3	-	12,7	
13 - 14	10	4,2	5,8	-	6,9	
14 - 15	8,5	4,2	4,3	-	2,6	
15 - 16	5	4,2	0,8	-	1,8	
16 - 17	3,5	4,1	-	0,6	2,4	
17 - 18	3	4,2	-	1,2	3,6	
18 - 19	5	4,1	0,9	-	2,7	
19 - 20	8	4,2	3,8	-	-1,1	
20 - 21	6	4,1	1,9	-	<b>-3,0</b>	min
21 - 22	4	4,2	-	0,2	-2,8	
22 - 23	3	4,2	-	1,2	-1,6	
23 - 24	2,5	4,1	-	1,6	0,0	
<b>UKUPNO:</b>	<b>100</b>	<b>100,0</b>	<b>26,4</b>	<b>26,4</b>		

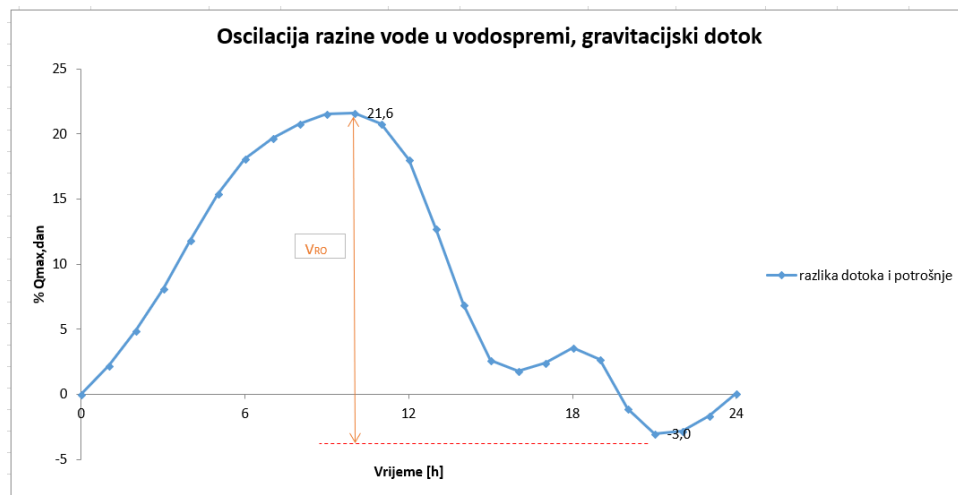
Krivulja satne potrošnje i linija gravitacijskog dotoka u vodospremu dobiva se postepenim zbrajanjem vrijednosti dotoka i potrošnje vode u vodospremu (Slika 27.).



Slika 27. Grafoanalitičko rješenje gravitacijskog dotoka vode u vodospremu

Na dijagramu oscilacija (Slika 28.) prikazan je minimum od 3 % maksimalne dnevne potrošnje, te maksimum od 21,6 %. Tako u ovom slučaju operativna rezerva vode iznosi 24,6 % ukupne maksimalne dnevne potrošnje vode.

Kod sumiranja viškova i manjkova tijekom dana dobije se ukupni postotak vode u vodospremi za određeni vremenski period unutar jednog dana.



Slika 28. Oscilacija razine vode u vodospremi za gravitacijski dotok vode

Razlika između satne potrošnje i dotoka vode u vodospremu predstavlja višak ili manjak vode u vodospremi u nekom određenom vremenu tijekom dana. Volumen operativne rezerve vode dobije se sumiranjem viška i manjka vode u vodospremi, te je prikazan sljedećim izrazom (16):

$$V_{RO} = \frac{\max.\%Q_{max,dan} + |\min.\%Q_{max,dan}|}{100} Q_{max,dan} = \frac{24,6}{100} * 27179,9 = 6686,26 \text{ m}^3 \quad (16)$$

### 5.2.2 Protupožarna rezerva za gravitacijski dotok vode u vodospremu

Protupožarna rezerva ( $V_{PR}$ ) se računa posebno za stanovništvo i posebno za industriju. Ovo se predmetno područje svrstava u naselje gradskog tipa od 51.000 do 100.000 stanovnika te se iz tog razloga uzimaju dva istovremena požara, količina za gašenje požara od 35 l/s te minimalno trajanje gašenja požara 2 sata. Iznos protupožarne rezerve reguliran je „Pravilnikom o

tehničkim normativima za hidrantsku mrežu za gašenje požara, Narodne novine RH, broj 53/91“. Proračun se provodi bez (izraz (17)) i sa neutralizacijom (izraz (18)):

$$V_{RP}(\text{bez neutralizacije požara}) = V_{PR \text{ naselja}} + V_{PR \text{ industrije}} \quad (17)$$

$$V_{RP \text{ naselje}} = \text{broj istovremenih požara} \cdot 2 \text{ sata} \cdot 3600 \cdot q_{p \text{ stan.}}$$

$$V_{RP \text{ ind.}} = \text{broj istovremenih požara} \cdot 2 \text{ sata} \cdot 3600 \cdot q_{p \text{ ind.}}$$

$$V_{RP}(\text{bez neutr.}) = 2 \cdot 2 \cdot 35 \cdot 3600 + 1 \cdot 2 \cdot 20 \cdot 3600 = 648 \text{ m}^3$$

$$V_{RP}(\text{sa neutralizacijom požara}) = V_{PR \text{ naselja}} + 0.5 V_{PR \text{ naselja}} + V_{PR \text{ industrije}} + 0.5 V_{PR \text{ industrije}} \quad (18)$$

$$V_{RP}(\text{sa neutr.}) = 2 \cdot 2 \cdot 35 \cdot 3600 + 2 \cdot 2 \cdot 35 \cdot 0,5 \cdot 3600 + 1 \cdot 2 \cdot 20 \cdot 3600 + 1 \cdot 2 \cdot 20 \cdot 0,5 \cdot 3600 = 972 \text{ m}^3$$

### 5.2.3 Sigurnosna rezerva za gravitacijski dotok u vodospremu

Sigurnosnu rezervu potrebno je predvidjeti za slučaj prekida dotoka vode u vodospremu prilikom saniranja kvara ili oštećenja (tlačna proba). Sigurnosna rezerva se proračunava, kao i požarna, bez neutralizacije (izraz (19)) i s neutralizacijom (izraz (20)):

$$V_{RS} = 0,25 \cdot (V_{RO} + V_{RP(\text{BEZ\_NEUTR\_POŽARA})}) \quad (19)$$

$$V_{RS} = 0,25 \cdot (6686,26 + 648) = 1833,57 \text{ m}^3$$

$$V_{RS} = 0,1 \cdot (V_{RO} + V_{RP(\text{SA\_NEUTR\_POŽARA})}) \quad (20)$$

$$V_{RS} = 0,1 \cdot (6686,26 + 972) = 765,83 \text{ m}^3$$

### 5.2.4 Ukupni volumen vodospreme za gravitacijski dotok vode u vodospremu

Ukupni volumen vodospreme predstavlja sumu operativne, protupožarne i sigurnosne rezerve te se proračun također provodi bez (izraz (21)) i sa neutralizacijom (izraz (22)):

$$V_{UK} = V_{RO} + V_{RP} + V_{RS} = 1,25 \cdot (V_{RO} + V_{RP(BEZ\_NEUTR\_POŽARA)}) \quad (21)$$

$$V_{UK} = 1,25 \cdot (6686,26 + 648) = 9167,83 \text{ m}^3$$

$$V_{UK} = V_{RO} + V_{RP} + V_{RS} = 1,1 \cdot (V_{RO} + V_{RP(SA\_NEUTR\_POŽARA)}) \quad (22)$$

$$V_{UK} = 1,1 \cdot (6686,26 + 972) = 8424,09 \text{ m}^3$$

Mjerodavna je veća vrijednost ukupnog volumena. Usvaja se ukupni volumen vodospreme od 9167,83 m<sup>3</sup>, odnosno odabrana je vodosprema ukupne zapremnine 10 000 m<sup>3</sup>. Radi velikog volumena vodospreme poželjna je izgradnja dviju manjih, svaka ukupnog volumena po 5000 m<sup>3</sup> ili varijanta sa jednom većom vodospremom od V<sub>1</sub>=7000 m<sup>3</sup> i jednom manjom od V<sub>2</sub>=3000 m<sup>3</sup> (za manji dio vodoopskrbnog područja).

## 5.3 Dotok u vodospremu crpljenjem

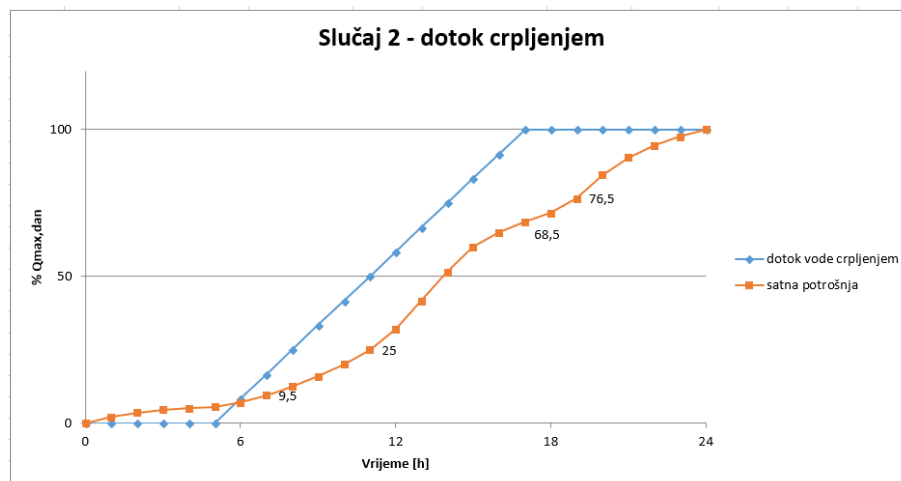
### 5.3.1 Operativna rezerva za dotok crpljenjem u vodospremu

Operativna se rezerva za dotok crpljenjem proračunava poput gravitacijskog dotoka vode u vodospremu. Crpke u ovom slučaju rade od 5 do 17 sati, odnosno 12 sati dnevno što znači da se potrebna količina za normalan rad sustava dijeli na dvanaest jednakih djelova. U tablici 5. prikazan je analitički proračun za dotok vode u vodospremu crpljenjem, [16].

Tablica 5. Analitički proračun operativne rezerve vodospreme – dotok vode crpljenjem

vrijeme	satna potrošnja	DOTOK CRPLJENJEM				
		dotok	manjak	višak	suma	
[h]	[%]	[%]	[%]	[%]	[%]	
0 - 1	2	0,0	2,0	-	-2,0	
1 - 2	1,5	0,0	1,5	-	-3,5	
2 - 3	1	0,0	1,0	-	-4,5	
3 - 4	0,5	0,0	0,5	-	-5,0	
4 - 5	0,5	0,0	0,5	-	<b>-5,5</b>	<b>min</b>
5 - 6	1,5	8,3	-	6,8	1,3	
6 - 7	2,5	8,3	-	5,8	7,1	
7 - 8	3	8,3	-	5,3	12,4	
8 - 9	3,5	8,3	-	4,8	17,2	
9 - 10	4	8,3	-	4,3	21,5	
10 - 11	5	8,3	-	3,3	24,8	
11 - 12	7	8,3	-	1,3	26,1	
12 - 13	9,5	8,3	1,2	-	24,9	
13 - 14	10	8,3	1,7	-	23,2	
14 - 15	8,5	8,3	0,2	-	23,0	
15 - 16	5	8,3	-	3,3	26,3	
16 - 17	3,5	8,3	-	4,8	<b>31,1</b>	<b>max</b>
17 - 18	3	0,0	3,0	-	28,1	
18 - 19	5	0,0	5,0	-	23,1	
19 - 20	8	0,0	8,0	-	15,1	
20 - 21	6	0,0	6,0	-	9,1	
21 - 22	4	0,0	4,0	-	5,1	
22 - 23	3	0,0	3,0	-	2,1	
23 - 24	2,5	0,0	2,5	-	0,0	
<b>UKUPNO:</b>	<b>100</b>	<b>100,0</b>	<b>40,0</b>	<b>40,0</b>		

Na slici 29. prikazan je grafoanalitički proračun za dotok crpljenjem. Dijagram je izrađen kao i za gravitacijski dotok, odnosno dobiven je postepenim zbrajanjem vrijednosti satne potrošnje i dotoka vode u vodospremu.

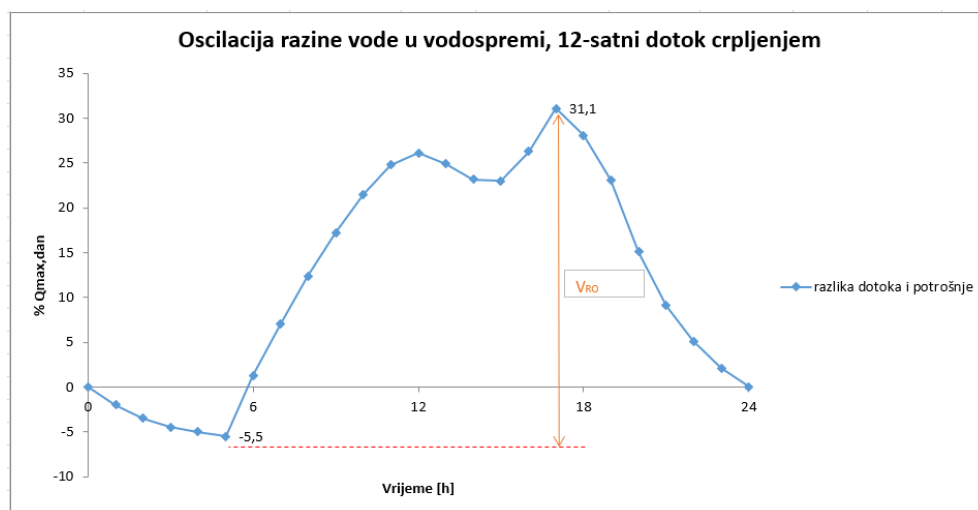


Slika 29. Grafoanalitički proračun dotoka vode crpljenjem u glavnu vodospremu

Na dijagramu oscilacija razina vode u vodospremi prikazan je minimum od 5,5 % prije početka rada crpki, te maksimum od 31,1 % u zadnjem satu rada crpki. Iz tog se da zaključiti kako operativna rezerva vode u vodospremi iznosi 36,6 % maksimalne dnevne potrošnje vode. Određuje se na sljedeći način (izraz (23)):

$$V_{RO} = \frac{\max.\%Q_{\max.\text{dan}} + |\min.\%Q_{\max.\text{dan}}|}{100} Q_{\max.\text{dan}} = \frac{36,6}{100} * 27179,9 \quad (23)$$
$$= 9947,84 \text{ m}^3$$

Na slici 30. prikazana je oscilacija razina vode u vodospremi tijekom dana.



Slika 30. Dijagram oscilacija razina vode u vodospremi za dotok vode u glavnu vodospremu crpljenjem

### 5.3.2 Protupožarna rezerva za dotok vode crpljenjem u vodospremu

Protupožarna rezerva za dotok crpljenjem u vodospremu izračunava se na isti način kao i kod gravitacijskog dotoka vode, pa je zbog toga jednaka:

$$V_{RP(\text{bez neutr.})} = 2 \cdot 2 \cdot 35 \cdot 3600 + 1 \cdot 2 \cdot 20 \cdot 3600 = 648 \text{ m}^3$$

$$V_{RP(sa\ neutr.)} = 2 \cdot 2 \cdot 35 \cdot 3600 + 2 \cdot 2 \cdot 35 \cdot 0,5 \cdot 3600 + 1 \cdot 2 \cdot 20 \cdot 3600 + 1 \cdot 2 \cdot 20 \cdot 0,5 \cdot 3600 = 972\ m^3$$

### 5.3.3 Sigurnosna rezerva za dotok crpljenjem u vodospremu

Sigurnosna rezerva računa se kao suma operativne i protupožarne rezerve koja se množi s određenim koeficijentom, ovisno radi li se sa ili bez neutralizacije, [16]. Uvrštavanjem u navedene izraze (19) i (20) dobiva se sigurnosna rezerva za dotok crpljenjem, koja iznosi:

$$V_{RS(bez\ neutr.)} = 0,25 \cdot (9947,84 + 648) = 2648,96\ m^3$$

$$V_{RS(sa\ neutr.)} = 0,1 \cdot (9947,84 + 972) = 1091,98\ m^3$$

### 5.3.4 Ukupni volumen vodospreme za dotok vode crpljenjem u vodospremu

Ukupni volumen vodospreme za dotok vode crpljenjem jest suma operativne, protupožarne i sigurnosne rezerve. Računa se na dva načina, odnosno bez neutralizacije i sa neutralizacijom. Prema izrazu (21) i (22) iznosi:

$$V_{UK(bez\ neutr.)} = 1,25 \cdot (9947,84 + 648) = 13244,8\ m^3 \quad (21)$$

$$V_{UK(sa\ neutr.)} = 1,1 \cdot (9947,84 + 972) = 12011,82\ m^3 \quad (22)$$

Usvaja se ukupan volumen vodospreme od 13244,8 m<sup>3</sup> odnosno odabrana je vodosprema ukupne zapremnine 13 500 m<sup>3</sup>.

## 5.4 Ukupan volumen vodospreme

Nakon provedenih hidrauličkog proračuna vodospreme za gravitacijski dotok i dotok crpljenjem, kao mjerodavni ukupan volumen vodospreme uzima se veća vrijednost između gravitacijskog dotoka i dotoka crpljenjem. Iz tog se razloga usvaja volumen vodospreme od 13500 m<sup>3</sup>. Dana vodosprema će se projektirati kao dvokomorna vodosprema sa mogućnošću dispozicije dviju zasebnih komora od po 8000 m<sup>3</sup> i 6000 m<sup>3</sup> na odgovarajućim pozicijama u vodoopskrbnom sustavu.



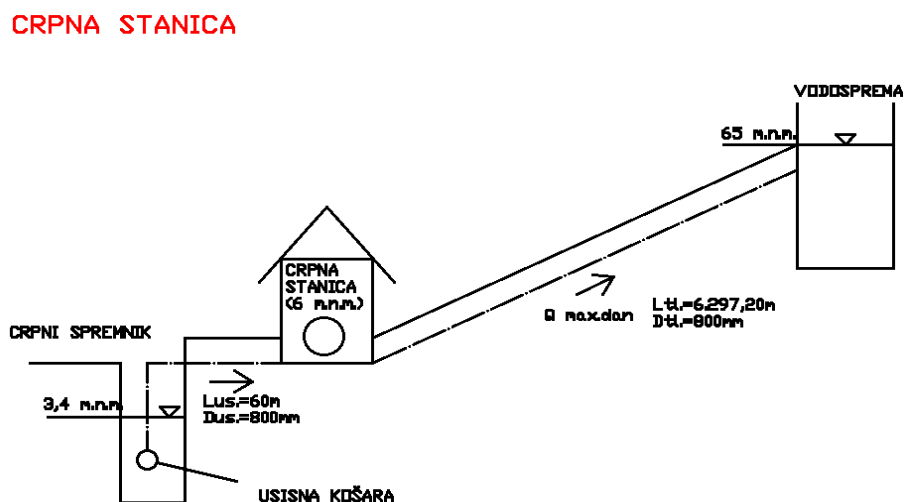
## 6. CRPNA STANICA

Crpna stanica jest građevina koja sadrži elektrostrojarsku opremu, koja omogućava da se voda crpi i potiskuje na potrebnu visinu kako bi se osigurala zahtijevana raspodjela vode potrošačima. Svaka se crpna stanica sastoji od crpke, crpnog spremnika, strojnice i komandne prostorije. Također, crpna stanica može imati i opremu za eliminiranje i ublažavanje vodnog udara. Najčešće se u vodoopskrbi koriste centrifugalne crpke, koje imaju kapacitet i visinu dizanja do nekoliko stotina metara, [17].

### 6.1 Proračun crpne stanice – crpno postrojenje CP1

Iz hidrauličkog proračuna dokazano je kako svi radni tlakovi zadovoljavaju. No, preporuča se provesti proračun crpne stanice za potrebu alternativnog dotoka vode iz izvora do glavne vodospreme.

Kako je u ovom idejnom projektu uzet u obzir i dovod vode u vodospremu crpljenjem, potrebno je dimenzionirati potrebnu crpnu stanicu. Uzeto je da se crpna stanica nalazi na koti od 6 m n.m., te je udaljena 60 m od izvorišta koje se nalazi na koti 3,4 m n.m. Crpna stanica postikuje vodu do glavne vodospreme (65 m n.m.) tlačnim cjevovodom čija je duljina 6.297,20 m te promjera cijevi od  $\phi 800$  mm. Na slici 31. prikazan je shematski prikaz položaja crpnog spremnika, crpne stanice te glavne vodospreme.



Slika 31. Shematski prikaz crpnog spremnika, crpne stanice i vodospreme – CP1

Proračun crpne stanice se provodi kako bi se mogla definirati snaga elektromotora, kojim se voda prepumpava s jedne kote na drugu kotu procesom transmisije, [17]. Kako bi to bilo moguće, prvo je potrebno dimenzionirati usisne i tlačne cijevi te samu crpku. Količina crpljenja pumpe (izraz (24)) ovisi o maksimalnoj dnevnoj potrošnji vode koja je određena u *Poglavlju 3.*, te o vremenu crpljenja koje je određeno u *Poglavlju 5.*

$$Q_{crp.} = \frac{Q_{max. dan}}{T_{crp.}} \quad (24)$$

gdje je:

$Q_{crp.}$  – količina crpljenja pumpe [l/s],

$Q_{max. dan}$  – maksimalna dnevna potrošnja vode [l/dan],

$T_{crp.}$  – vrijeme crpljenja [s/dan].

Na temelju gore navedene formulacije slijedi:

$$Q_{crp.} = \frac{27\,179\,900 \frac{l}{dan}}{12 \cdot 3600} = 629,16 \frac{l}{s} = 0,629 m^3/s$$

Da bi se voda mogla prepumpavati, crpka treba svladati manometarsku visinu ( $H_{man}$ ). Nju čini visinska razlika između crpnog spremnika i vodospreme, te suma svih linijskih i lokalnih gubitaka koji se pojavljuju na sustavu crpni bazen - glavna vodosprema (sustav usisne i tlačne cijevi). Računa se na sljedeći način (izraz (25)), [17]:

$$H_{man} = H_{st.us} + H_{st.tl} + \Delta H_{us.} + \Delta H_{tl.} + \frac{v_{tl}^2}{2g} \quad (25)$$

gdje je:

$H_{st.us.}$  – usisna statička visina dizanja, geodetska visinska razlika najniže razine vode u crpnom bazenu i osi crpke [m],

$\Delta H_{us.}$  – linijski i lokalni hidraulički gubici zbog tečenja vode kroz usisnu cijev [m],

$H_{st.tl.}$  – tlačna statička visina dizanja, geodetska visinska razlika osi crpke i najviše razine vode u vodospremi [m],

$\Delta H_{tl}$ .– linijski i lokalni hidraulički gubici zbog tečenja vode kroz tlačni cjevovod [m],

$v_{tl}$ .– brzina vode u tlačnom cjevovodu [m/s],

$g$  – ubrzanje polja sile teže [m/s<sup>2</sup>].

Usisna i tlačna statička visina dizanja definirane su kao geodetska visinka razlika između najniže razine vode u crpnom spremniku i osi crpke, odnosno najviše razine vode u vodospremi i osi crpke. Računaju se na sljedeći način:

$$H_{st.us} = 6,0 - 3,4 = 2,6 \text{ m}$$

$$H_{st.tl} = 65 - 6 = 59,0 \text{ m}$$

Linijski i lokalni hidraulički gubici, određuju se na sljedeći način (izraz 26):

$$\Delta H_{us} = \Delta h_{lin.us} + \sum \Delta h_{lok.us} \quad (26)$$

$$\Delta H_{us} = \lambda_{us} \cdot \frac{L_{us}}{D_{us}} \cdot \frac{v_{us}^2}{2g} + \xi_{uk} \cdot \frac{v_{us}^2}{2g} + \xi_{zk} \cdot \frac{v_{us}^2}{2g} = \frac{v_{us}^2}{2g} \cdot \left( \lambda_{us} \cdot \frac{L_{us}}{D_{us}} + \xi_{us} + \xi_{zk} \right)$$

gdje je:

$\lambda_{us}$ .– koeficijent otpora trenja u usisnoj cijevi, [/],

$\xi_{uk}$ .– koeficijent lokalnog gubitka usisne košare,  $\xi_{uk}=3$  [/],

$\xi_{zk}$ .– koeficijent lokalnog gubitka zaobljenog koljena,  $\xi_{zk}=0,2$  [/],

$v_{us}$ .– brzina vode u usisnom cjevovodu [m/s],

$L_{us}$ .– duljina usisnog cjevovoda [m],

$D_{us}$ .– unutarnji promjer usisnog cjevovoda [mm].

Brzina vode u usisnom cjevovodu računa se prema sljedećem izrazu (27) i treba biti u granicama između 1-2 m/s:

$$v_{us} = \frac{Q_{crp}}{A} = \frac{4 \cdot Q_{crp}}{D_{us}^2 \cdot \pi} = \frac{4 \cdot 0,629}{0,8^2 \cdot \pi} = 1,25 \text{ m/s} \quad (27)$$

Kako bi se odredio koeficijent otpora trenja u usisnoj cijevi ( $\lambda_{us}$ ), potrebno je odrediti Reynoldsov broj ( $Re$ ) te apsolutnu hrapavost cijevi ( $\epsilon$ ). Unutarnji promjer usisnog cjevovoda jednak je promjeru tlačnog cjevovoda, te iznosi 800 mm. Odredio se na način da brzina vode u usisnom cjevovodu zadovoljava 1-2 m/s, [17].

Kinematički koeficijent viskoznosti ( $\nu$ ) iznosi  $1,308 \cdot 10^{-6} \text{ m/s}^2$ , za temperaturu vode od  $T=10^\circ\text{C}$ , [17].

Apsolutna hrapavost ovisi o vrsti cjevovoda. U ovom diplomskom radu uzeto je da su cijevi od lijevanog željeza, što znači da apsolutna hrapavost iznosi 0,1 mm, [17].

Konačno, Reynoldsov broj  $Re$  iznosi (28):

$$Re = \frac{v_{us} \cdot D_{us}}{\nu} = \frac{1,25 \cdot 0,8}{1,308 \cdot 10^{-6}} = 765555,17 \quad (28)$$

Koeficijent otpora trenja  $\lambda$  u usisnoj cijevi se izračunava preko formule Jaina i Swamea (formula vrijedi za  $Re > 5000$ ), te on iznosi (29), [17]:

$$\lambda_{us} = \frac{1,325}{(\ln(\frac{\epsilon}{3,7 \cdot D} + \frac{5,74}{Re^{0,9}}))^2} = \frac{1,325}{(\ln(\frac{0,1}{3,7 \cdot 800} + \frac{5,74}{765555,17^{0,9}}))^2} = 0,014151 \quad (29)$$

Uvrštavanjem dobivenog u izraz (26), dobivaju se ukupni gubitci na usisnom cjevovodu:

$$\Delta H_{us} = \frac{1,25^2}{2 \cdot 9,81} \cdot \left( 0,014151 \cdot \frac{60}{0,8} + 3 + 0,2 \right) = 0,34 \text{ m}$$

Kako bi se izračunala manometarska visina, potrebno je još odrediti hidrauličke gubitke u tlačnoj cijevi. Uzima se da je brzina jednaka za tlačni i usisni cjevovod (uz jednaki protok i promjere cijevi), kao i linijski koeficijent gubitka. Kod računanja hidrauličkih gubitaka u tlačnoj cijevi, zanemaruju se lokalni gubici zbog velike duljine i malog nagiba cjevovoda), [17].

Hidraulički gubici u tlačnoj cijevi računaju se prema izrazu (30):

$$\Delta H_{tl} = \lambda_{tl} \cdot \frac{L_{tl}}{D_{tl}} \cdot \frac{v_{tl}^2}{2g} \quad (30)$$

$$\Delta H_{tl} = 0,014151 \cdot \frac{6297,2}{0,80} \cdot \frac{1,25^2}{2 \cdot 9,81} = 8,90 \text{ m}$$

Konačno, manometarska visina prema definiranom proračunu iznosi:

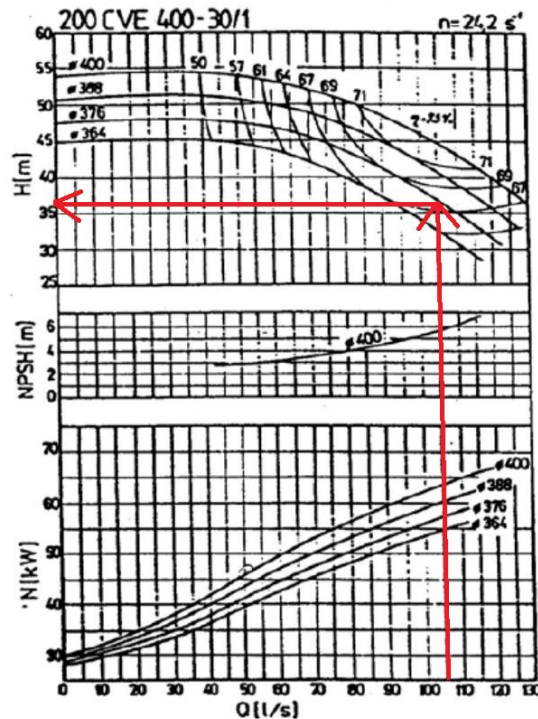
$$H_{man} = 2,6 + 59,0 + 0,34 + 8,90 + \frac{1,25^2}{2 \cdot 9,81} = 70,92 \text{ m} \approx 71 \text{ m}$$

dok je mjerodavni protok crpljenja jednak:

$$Q_{crp.} = 629,16 \frac{l}{s} \approx 630 \text{ l/s}$$

Odabrana je crpka 200 CVE 400-30/1 s promjerom rotora  $\varnothing 376$  mm, brojem okretaja radnog kola  $n=24,2 \text{ s}^{-1}$ , visinom dizanja vode  $h=36$  m, koeficijentom iskoristivosti  $\eta_{crp.}=0,68$ , protokom  $Q = 105 \text{ l/s}$  (Slika 32.). Za protok od 630 l/s i manometarsku visinu od 71 m potrebno

je spojiti 6 crpki paralelno, te jednu rezervnu granu s istim karakteristikama. Dakle, ukupno se spaja 7 paralelnih grana od kojih svaka diže protok od 105 l/s. Također, potrebno je spojiti i 2 crpke u serijskom spoju na svaku paralelnu granu od kojih svaka diže na visinu od 35,5 m.



Slika 32. Nomogram crpke 200 CVE 400-30/1 [17]

Kao što je na početku ovog proračuna rečeno, svrha proračuna crpke jest određivanje snage elektromotora. Za potrebe ovog diplomskog rada, potrebno je znati instaliranu snagu crpke koja uključuje i 15% rezervne snage. Teoretska snaga crpke određuje se na sljedeći način (izraz 31), [17]:

$$P = \frac{9,81 \cdot Q_{crp} \cdot H_{man}}{\eta_{crpke}} \quad (31)$$

Instalirana snaga svih crpki uz 15 % rezerve iznosi prema izrazu (31):

$$P_{i,crpke} = 1,15 \cdot P = 1,15 \cdot \frac{9,81 \cdot Q_{crp} \cdot H_{man}}{\eta_{crpke}} = 1,15 \cdot \frac{9,81 \cdot 0,630 \cdot 71}{0,68} = 742,09 \text{ kW} \quad (32)$$

Instalirana snaga elektromotora uz 15 % rezerve iznosi (izraz 32):

$$P_{i,el.mot.} = \frac{P_{crpke}}{\eta_{el.mot.}} = 1,15 \cdot P = 1,15 \cdot \frac{9,81 \cdot Q_{crp} \cdot H_{man}}{\eta_{crpke} \cdot \eta_{el.mot.}} = 1,15 \cdot \frac{9,81 \cdot 0,630 \cdot 71}{0,68 \cdot 0,85} \quad (33)$$

$$= 873,05 \text{ kW}$$

Instalirana snaga za pojedinačnu crpku uz 15% rezerve iznosi (izraz 34):

$$P_{i,crpke} = 1,15 \cdot P = 1,15 \cdot \frac{9,81 \cdot Q_{crp} \cdot H_{man}}{\eta_{crpke}} = 1,15 \cdot \frac{9,81 \cdot 0,105 \cdot 36}{0,68} = 62,71 \text{ kW} \quad (34)$$

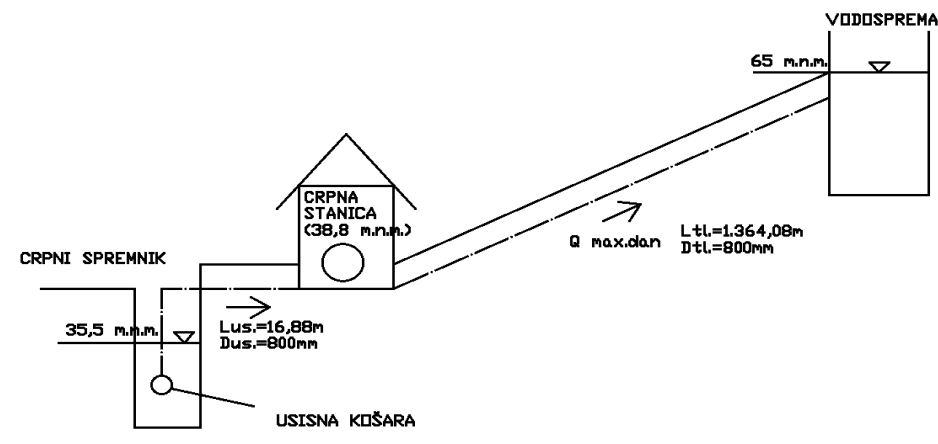
dok je instalirana snaga pojedinog elektromotora uz 15% rezerve jednaka (izraz 35):

$$P_{i,el.mot.} = \frac{P_{crpke}}{\eta_{el.mot.}} = 1,15 \cdot P = 1,15 \cdot \frac{9,81 \cdot Q_{crp} \cdot H_{man}}{\eta_{crpke} \cdot \eta_{el.mot.}} = 1,15 \cdot \frac{9,81 \cdot 0,105 \cdot 36}{0,68 \cdot 0,85} = 73,78 \text{ kW} \quad (35)$$

## 6.2 Proračun crpne stanice – crpno postrojenje CP2

Crpno postrojenje CP2 nalazi se na koti od 38,8 m n.m., te je udaljeno 16,88 m od izvorišta koje se nalazi na koti 35,8 m n.m. Crpna stanica postikuje vodu do glavne vodospreme (65 m n.m.) tlačnim cjevovodom čija je duljina 1.364,08 m te promjera cijevi od  $\phi 800$  mm. Na slici 33. prikazan je shematski prikaz položaja crpnog spremnika, crpne stanice te glavne vodospreme.

### CRPNA STANICA



Slika 33. Shema položaja izvorišta, crpne stanice i vodospreme - CP2

Proračun se provodi kao i za crpno postrojenje CP1, pa tako količina crpljenja prema izrazu (24) iznosi:

$$Q_{crp.} = \frac{27\,179\,900 \frac{l}{dan}}{12 \cdot 3600} = 629,16 \text{ l/s}$$

Usisna i tlačna visina su se promjenile, pa sad one iznose:

$$H_{st.us} = 38,8 - 35,5 = 3,3 \text{ m}$$

$$H_{st.tl} = 65 - 38,8 = 26,2 \text{ m}$$

Za određivanje manometarske visine potrebna je brzina vode u usisnoj i tlačnoj cijevi. Pošto je količina crpljenja i promjer usisne i tlačne cijevi jednak kao za crpno postrojenje CP1, brzina ostaje nepromjenjena, te ona prema izrazu (27) iznosi:

$$v_{us} = \frac{4 \cdot 0,629}{0,8^2 \cdot \pi} = 1,25 \text{ m/s}$$

Zbog jednakih brzina vode u cjevovodima, jednakih promjera i materijala cijevi, crpno postrojenje CP1 i crpno postrojenje CP2 imaju jednak Reynoldsov broj  $Re$  i koeficijent otpora trenja  $\lambda_{us}$ , te stoga prema izrazu (28) i (29) iznose:

$$Re = \frac{1,25 \cdot 0,8}{1,308 \cdot 10^{-6}} = 765555,17$$

$$\lambda_{us} = \frac{1,325}{\left(\ln\left(\frac{0,1}{3,7 \cdot 800} + \frac{5,74}{765555,17 \cdot 0,9}\right)\right)^2} = 0,014151$$

Konačno, hidraulički gubici u usisnoj cijevi prema izrazu (26) iznose:

$$\Delta H_{us} = \frac{1,25^2}{2 \cdot 9,81} \cdot \left(0,014151 \cdot \frac{16,88}{0,8} + 3 + 0,2\right) = 0,28 \text{ m}$$

dok hidraulički gubici u tlačnoj cijevi prema izrazu (30) iznose:

$$\Delta H_{tl} = 0,014151 \cdot \frac{1364,08}{0,80} \cdot \frac{1,25^2}{2 \cdot 9,81} = 1,93 \text{ m}$$

Iz dobivenih podataka može se izračunati manometarska visina koja prema izrazu (25) iznosi:

$$H_{man} = 3,3 + 26,2 + 0,28 + 1,93 + \frac{1,25^2}{2 \cdot 9,81} = 31,79 \text{ m}$$

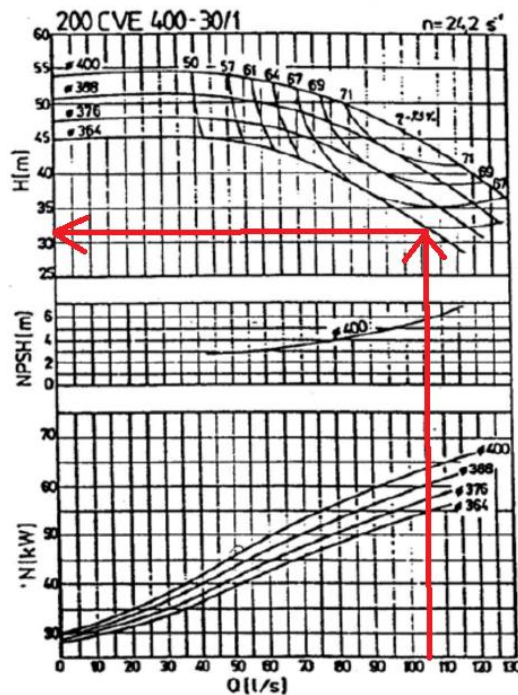
Podaci koji su potrebni za odrediti crpku, a koji su dobiveni provedenim proračunom jesu:

$$H_{man} = 3,3 + 26,2 + 0,28 + 1,93 + \frac{1,25^2}{2 \cdot 9,81} = 31,79 \text{ m} \approx 32 \text{ m}$$

$$Q_{crp.} = 629,16 \frac{l}{s} \approx 630 \text{ l/s}$$

Odabrana je crpka 200 CVE 400-30/1 s promjerom rotora  $\varnothing 364$  mm, brojem okretaja radnog kola  $n=24,2 \text{ s}^{-1}$ , visinom dizanja vode  $h=32$  m, koeficijentom iskoristivosti  $\eta_{crp.}=0,64$ , protokom  $Q = 105 \text{ l/s}$  (Slika 34.). Za protok od  $630 \text{ l/s}$  i manometarsku visinu od  $32 \text{ m}$  potrebno je spojiti 6 crpki paralelno, te jednu rezervnu granu s istim karakteristikama. Dakle, ukupno se spaja 7

paralelnih grana od kojih svaka diže protok od 105 l/s. Na svakoj paralelnoj grani nalazi se 1 crpka koja diže vodu na visinu od 31,79 m (odnosno potrebnih 32 m).



Slika 34. Nomogram crpke 200 CVE 400-30/1 [17]

Instalirana snaga svih crpki uz 15% rezerve prema izrazu (32) iznosi:

$$P_{i,crpke} = 1,15 \cdot P = 1,15 \cdot \frac{9,81 \cdot Q_{crp} \cdot H_{man}}{\eta_{crpke}} = 1,15 \cdot \frac{9,81 \cdot 0,630 \cdot 32}{0,64} = 355,37 \text{ kW}$$

Instalirana snaga elektromotora uz 15% rezerve prema izrazu (33) iznosi:

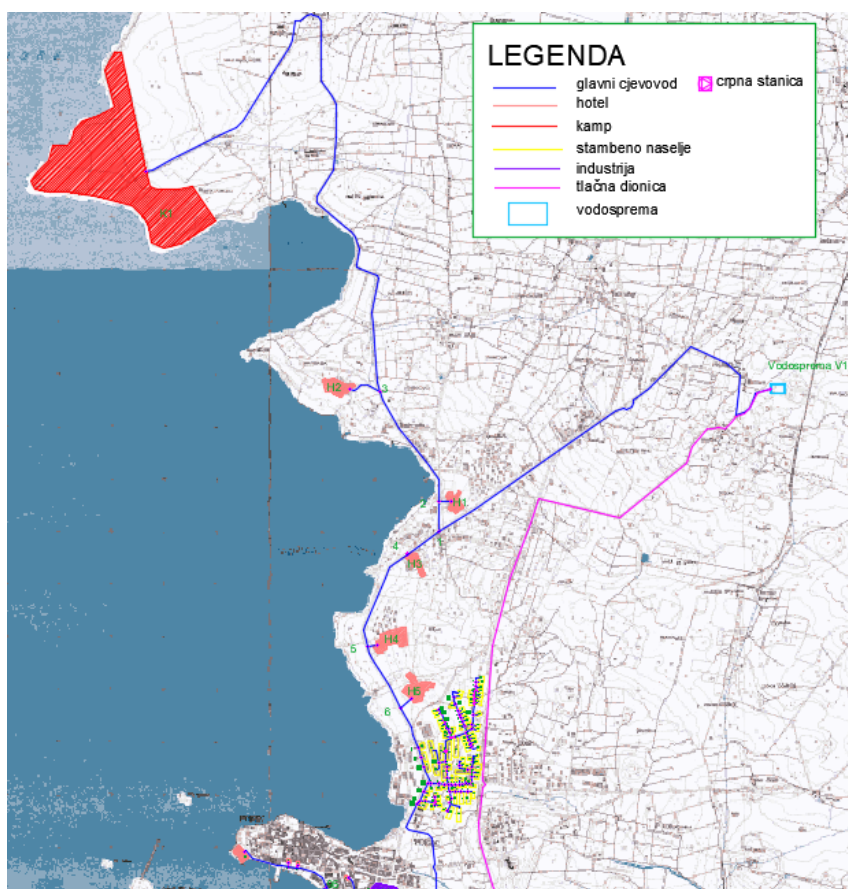
$$P_{i,el.mot.} = \frac{P_{crpke}}{\eta_{el.mot.}} = 1,15 \cdot P = 1,15 \cdot \frac{9,81 \cdot Q_{crp} \cdot H_{man}}{\eta_{crpke} \cdot \eta_{el.mot.}} = 1,15 \cdot \frac{9,81 \cdot 0,630 \cdot 32}{0,64 \cdot 0,85} = 418,08 \text{ kW}$$



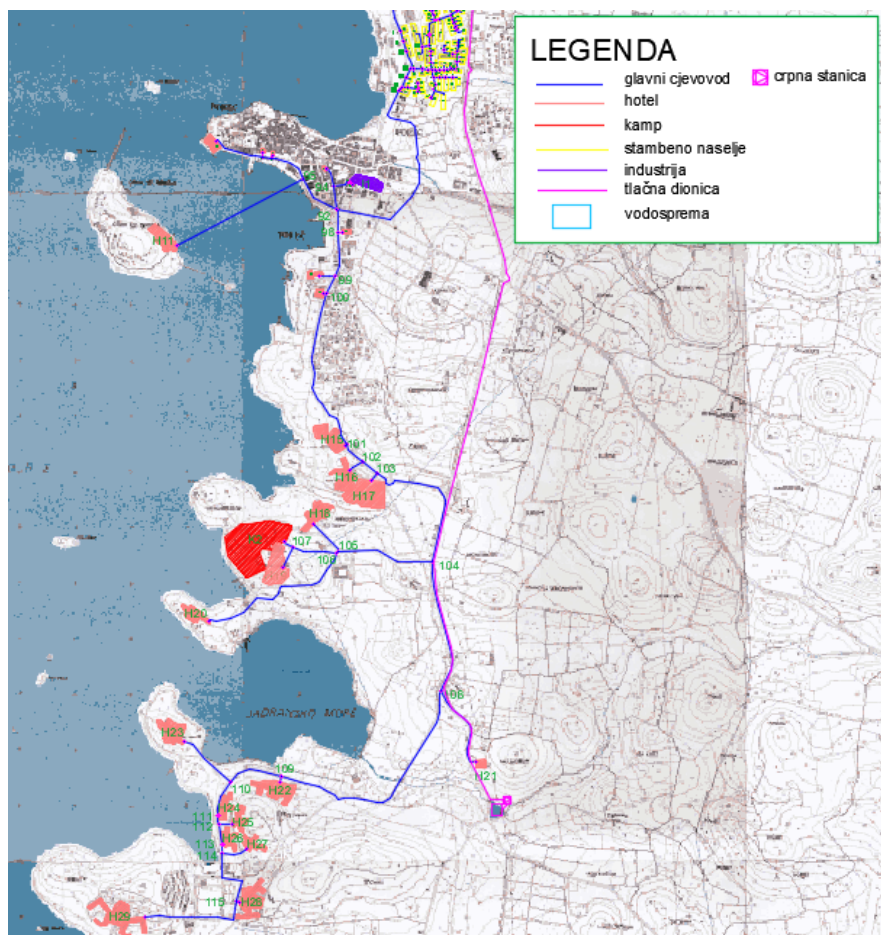
## 7. TRASIRANJE CJEVOVODA

Pravilno postavljanje cjevovoda unutar vodoopskrbnog sustava značajno utječe na ekonomske ali i vremenske značajke projekta. Rok izvedbe predstavlja vremenski okvir unutar kojeg se projekt mora završiti. Trajanje projekta se može skratiti, no onda najčešće dolazi do povećanja troškova. Stoga je od velikog značaja pravilan odabir vrste cijevi kako bi se zadovoljila njihova potrebna čvrstoća, otpornost, trajnost i sl. Prije samog postavljanja vodoopskrbnih cijevi potrebno je informirati se o položaju postojećih instalacija unutar rova. Trasiranje se provodi što je više moguće na državnom zemljištu. Također je potrebno odabrati najoptimalniju trasu s obzirom na značajke terena kako bi se zadovoljile hidrauličke, pogonske i tehničke potrebe. U ovom diplomskom radu odabrane su lijevanoželjezne cijevi koje su otporne na korozivne procese, izdržljive, trajne te cijenom pristupačne. Također, vodilo se računa da se trasa postavi što je više moguće duž prometnica.

Na slici 35. i 36. su prikazani dijelovi vodoopskrbnog sustava, odnosno položaj vodospreme, crpne stanice, potrošača te glavne i razdjelne mreže.



Slika 35. Idejni plan vodoopskrbnog sustava grada Poreča i njegovih naselja - Varijanta 1



Slika 36. Idejni plan vodoopskrbnog sustava grada Poreča i njegovih naselja - Varijanta 1, nastavak

## **8. BENTLEY WATERCAD V8i RAČUNALNI PROGRAM**

### **8.1 Općenito o računalnom programu**

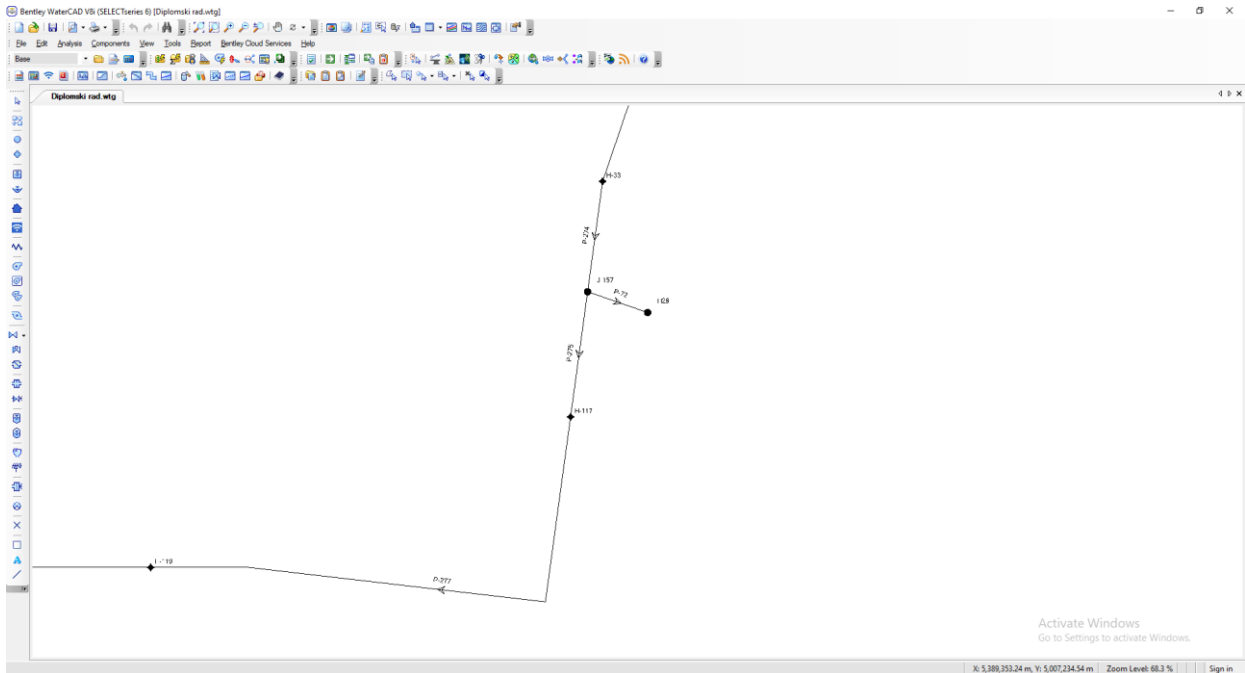
Računalni program WaterCAD V8i omogućuje planiranje, projektiranje, analiziranje, upravljanje i optimalizaciju unutar vodoopskrbnih sustava [19]. Program omogućava korisnicima da modeliraju razne hidrauličke probleme, te odaberu najpovoljnije varijante, odnosno rješenja kod vodoopskrbnih sustava i njihovih djelova. Unutar programa postoje dvije moguće vrste proračuna, a to je proračun za stacionarno tečenje vode, te proračun za tečenje vode ovisno o prostorno-vremenskoj promijeni, [20].

WaterCAD V8i program nudi veliki broj mogućnosti, a najčešće se koristi za [20]:

- analizu kvalitete pitke vode,
- analizu protupožarne rezerve u vodospremama/vodotornjevima,
- energetska analizu troškova (npr. kod rada pumpnih postrojenja ili hidrofora),
- određivanje optimalnih vrsta cijevi, dimenzioniranje vodosprema i sl.

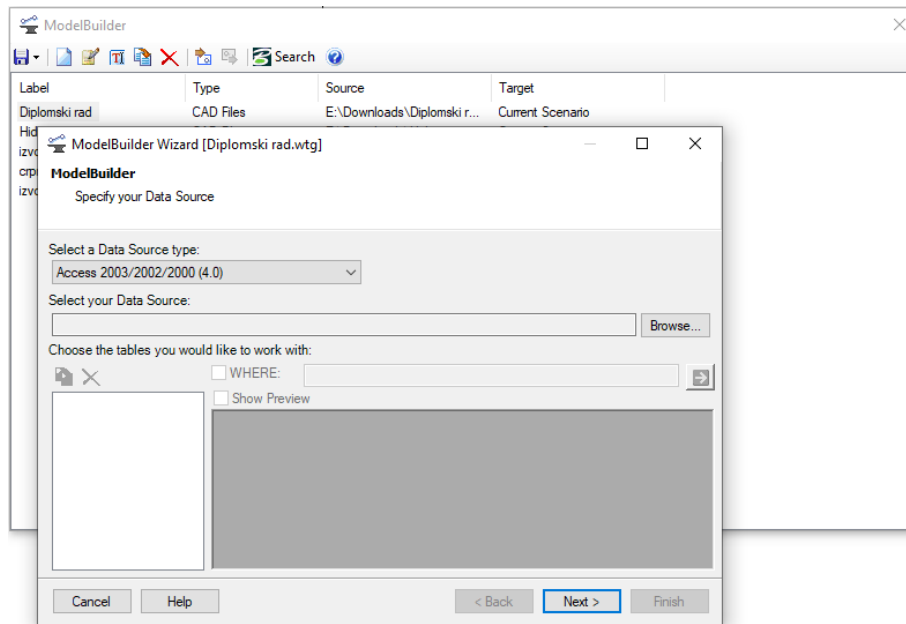
### **8.2 Postavljanje mreže i određivanje njezinih značajki**

WaterCAD V8i računalni program ima jednostavno i pregledno sučelje sa raznim alatima koji omogućuju brzo i jednostavno upravljanje elementima vodoopskrbnog sustava. Izgled radne površine WaterCAD V8i programa prikazuje slika 37.



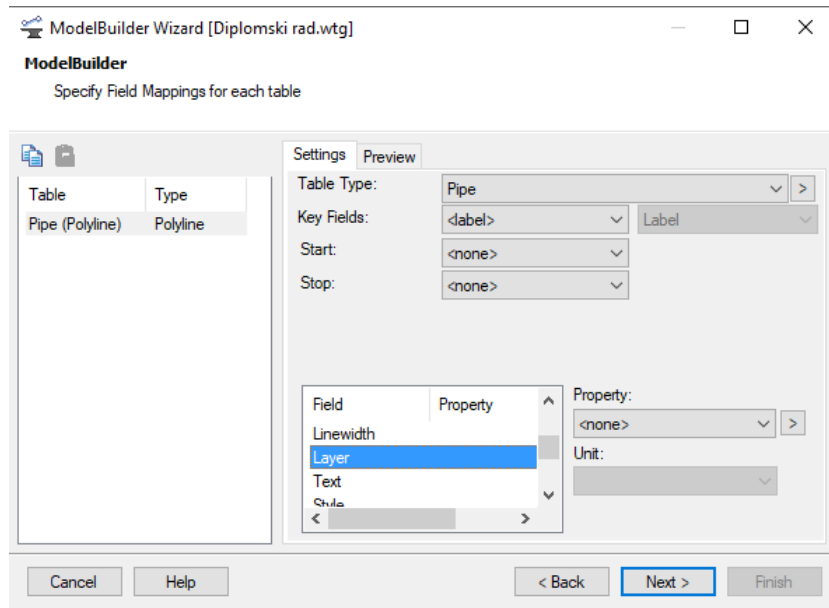
Slika 37. Radna površina računalnog programa WaterCAD V8i

Crtanje vodoopskrbne mreže može se provesti na dva načina, direktnim crtanjem u samom programu ili uvođenjem podataka iz nekih drugih programa. Prvi korak u ovom diplomskom radu bilo je uvesti vodoopskrbnu mrežu iz AutoCAD 2018 programa. Kako bi se željena datoteka mogla otvoriti u WaterCAD V8i računalnom programu, potrebno je takvu datoteku spremati u .dxf obliku s napomenom da je najbolje odabrati .dxf datoteku u AutoCAD 2010 programu. Sljedeći korak jest odabrati „ModelBuilder“ iz izbornika „Tools“, zatim „New“ za kreiranje novog modela što se može vidjeti na slici 38.

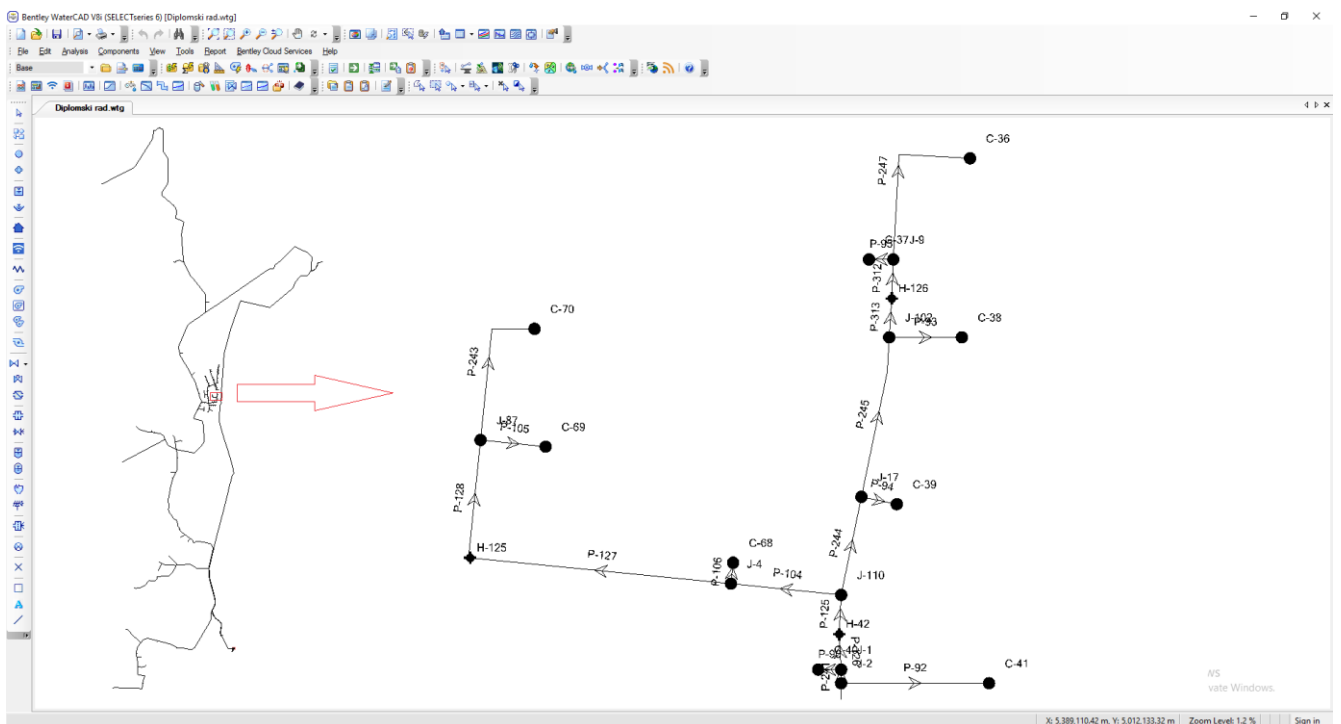


Slika 38. Prikaz "ModelBuilder"

Unutar ovog izbornika potrebno je odabrati vrstu datoteke koju se želi učitati što je u ovom slučaju „CAD Files“ te željenu datoteku. Nakon što se datoteka učita nudi se mogućnost odabira „layera“ (slojeva) koje želimo učitati. U sljedećem prozoru potrebno je odabrati mjernu jedinicu u kojoj je crtana mreža, što je u ovom slučaju metar, [m]. Također je potrebno potvrditi zadnju kućicu ukoliko želimo da se točke koje su jako blizu povežu. Kroz sljedeća dva koraka nije potrebno ništa mijenjati već potvrditi ono što je računalni program sam ponudio. U narednom koraku pod opcijom „Table Type“ odabire se „Pipe“ za mrežu koju se unosi. Na isti način, ovisno koji se layer unosi tako se bira „Table Type“. U polju „Key Fields“ odabire se „<table>“, a unutar tablice „Field“ odabere se „Layer“ (Slika 39.). Na zadnjem koraku potrebno je prihvatiti sve već zadano, te odabrati „Finish“.

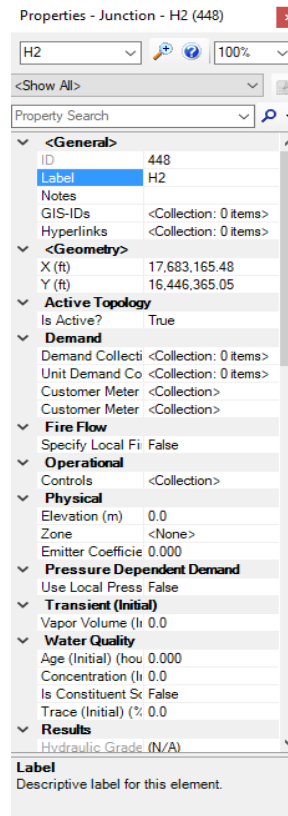


Slika 39. Predzadnji korak unutar "ModelBuilder-a" opcije kreiranja vodoopskrbne mreže



Slika 40. Dobivena vodoopskrbna mreža unutar WaterCad V8i računalnog programa

Nakon svih ovih postupaka, dobije se željena vodoopskrbna mreža (Slika 40.). Kako bi sve bilo spremno za proračun, potrebno je definirati značajke zadane mreže poput nadmorskih visina svakog potrošača i čvora, promjera cijevi i materijala dionice, potrošnje vode, karakteristika vodospreme, crpki, hidranata i sl. Definiranje značajki moguće je preko „Properties Editor“, kao što je prikazano na slici 41. ili unutar izbornika „Flex Table“ (Slika 42.).



Slika 41. Definiranje značajki potrošača H2 unutar dijaloškog okvira "Properties Editor"

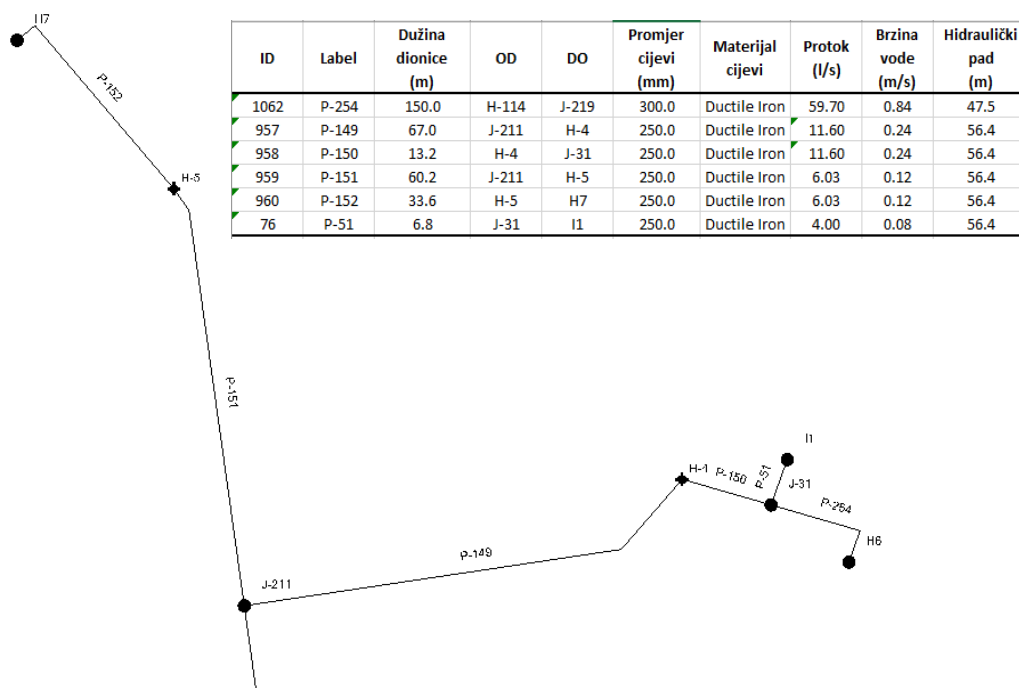
FlexTable: Pipe Table (Diplomski rad.wtg)

	ID	Label	Length (Scaled) (m)	Start Node	Stop Node	Diameter (mm)	Material	Hazen-Williams C
30: P-241	30	P-241	2.1	J-1	J-2	700.0	Ductile Iron	130.0
33: P-106	33	P-106	3.2	C-68	J-4	250.0	Ductile Iron	130.0
36: P-90	36	P-90	3.5	C-40	J-1	250.0	Ductile Iron	130.0
38: P-89	38	P-89	3.7	C-44	J-7	250.0	Ductile Iron	130.0
41: P-95	41	P-95	3.7	C-37	J-9	250.0	Ductile Iron	130.0
44: P-152	44	P-152	4.8	C-81	J-11	250.0	Ductile Iron	130.0
47: P-220	47	P-220	5.2	J-12	J-13	700.0	Ductile Iron	130.0
50: P-222	50	P-222	5.3	J-14	J-15	700.0	Ductile Iron	130.0
53: P-94	53	P-94	5.6	C-39	J-17	250.0	Ductile Iron	130.0
56: P-70	56	P-70	5.8	H24	J-19	250.0	Ductile Iron	130.0
59: P-224	59	P-224	5.9	J-20	J-21	700.0	Ductile Iron	130.0
62: P-167	62	P-167	5.9	J-22	H3	250.0	Ductile Iron	130.0
65: P-128	65	P-128	6.2	C-19	J-13	250.0	Ductile Iron	130.0
67: P-148	67	P-148	6.6	C-84	J-26	250.0	Ductile Iron	130.0
70: P-61	70	P-61	6.7	J-27	J-28	400.0	Ductile Iron	130.0
73: P-144	73	P-144	6.7	C-75	J-30	250.0	Ductile Iron	130.0
76: P-91	76	P-91	6.8	J-31	I1	200.0	Ductile Iron	130.0
79: P-191	79	P-191	6.8	J-33	J-34	600.0	Ductile Iron	130.0
82: P-126	82	P-126	6.9	C-17	J-36	250.0	Ductile Iron	130.0
85: P-218	85	P-218	7.3	J-37	J-36	700.0	Ductile Iron	130.0
87: P-143	87	P-143	7.3	C-76	J-39	250.0	Ductile Iron	130.0
90: P-140	90	P-140	7.3	C-48	J-41	250.0	Ductile Iron	130.0
93: P-142	93	P-142	7.5	J-42	C-43	250.0	Ductile Iron	130.0
96: P-132	96	P-132	7.6	C-23	J-21	250.0	Ductile Iron	130.0
98: P-141	98	P-141	7.7	C-46	J-46	250.0	Ductile Iron	130.0
101: P-83	101	P-83	7.8	J-47	C-51	250.0	Ductile Iron	130.0
104: P-147	104	P-147	7.8	C-85	J-50	250.0	Ductile Iron	130.0
107: P-111	107	P-111	7.8	J-51	C-57	250.0	Ductile Iron	130.0
110: P-84	110	P-84	8.0	C-52	J-54	250.0	Ductile Iron	130.0
113: P-41	113	P-41	8.0	J-55	J-56	600.0	Ductile Iron	130.0
116: P-146	116	P-146	8.0	C-87	J-58	250.0	Ductile Iron	130.0
119: P-195	119	P-195	8.1	J-59	J-60	600.0	Ductile Iron	130.0
122: P-139	122	P-139	8.1	C-49	J-62	250.0	Ductile Iron	130.0
125: P-155	125	P-155	8.3	J-63	C-79	250.0	Ductile Iron	130.0
128: P-250	128	P-250	8.3	J-65	J-26	600.0	Ductile Iron	130.0
130: P-82	130	P-82	8.3	C-54	J-33	250.0	Ductile Iron	130.0
132: P-138	132	P-138	8.4	C-71	J-68	250.0	Ductile Iron	130.0
135: P-249	135	P-249	8.5	J-69	C-82	250.0	Ductile Iron	130.0
138: P-116	138	P-116	8.6	C-59	J-60	250.0	Ductile Iron	130.0
140: P-74	140	P-74	8.8	J-72	H15	250.0	Ductile Iron	130.0
143: P-78	143	P-78	9.2	J-74	H26	250.0	Ductile Iron	130.0
146: P-174	146	P-174	9.2	C-1	J-77	250.0	Ductile Iron	130.0
149: P-145	149	P-145	9.3	C-74	J-79	250.0	Ductile Iron	130.0
152: P-107	152	P-107	9.3	J-80	C-64	250.0	Ductile Iron	130.0
155: P-114	155	P-114	9.9	C-61	J-83	250.0	Ductile Iron	130.0
158: P-80	158	P-80	10.0	C-3	J-85	250.0	Ductile Iron	130.0

230 of 230 elements displayed

Slika 42. Definiranje značajki pojedinih dionica VS unutar izbornika "Flex Table"

Kako bi se vodoopskrbno područje koje je obuhvaćeno ovim diplomskim radom moglo „braniti“ (zaštititi) od požara, potrebno je izraditi hidrantsku mrežu. Hidrantska mreža izrađuje se prema Pravilniku o hidrantskoj mreži za gašenje požara, Narodne novine 8/2006. Pravilnikom je određeno da udaljenost hidranta i bilo koje vanjske točke štićene građevine ili prostora ne smije biti veća od 80 m, niti manja od 5 m. Maksimalna udaljenost između dva susjedna hidranta iznosi 150 m ukoliko posebnim propisom nije drugačije određeno. Nadzemne hidrante potrebno je izvesti na način da se omogući efikasno i sigurno rukovanje i uporaba. Izvodi ih se sukladno normi HRN DIN 3222, [21]. Na slici 43. prikazan je položaj hidranata.



Slika 43. Položaj hidranata H-4 i H-5 unutar vodoopskrbnog sustava

Kako bi se dobila potrošnja za svaku dionicu, potrebno je definirati uzorke potrošnje u WaterCAD V8i računalnom programu. Ovim su diplomskim radom definirana tri uzorka potrošnje, za stanovanje, industriju te gašenje požara. Za stanovanje je uzorak definiran na temelju neravnomjernosti satne potrošnje prema podacima iz Poglavlja 5. Također je potrebno definirati i multiplikatore čija veličina ovisi o dnevnoj neravnomjernosti potrošnje. Najveći multiplikator se javlja u vrijeme najveće satne potrošnje, te on iznosi 1 što je prikazano Tablicom 6.

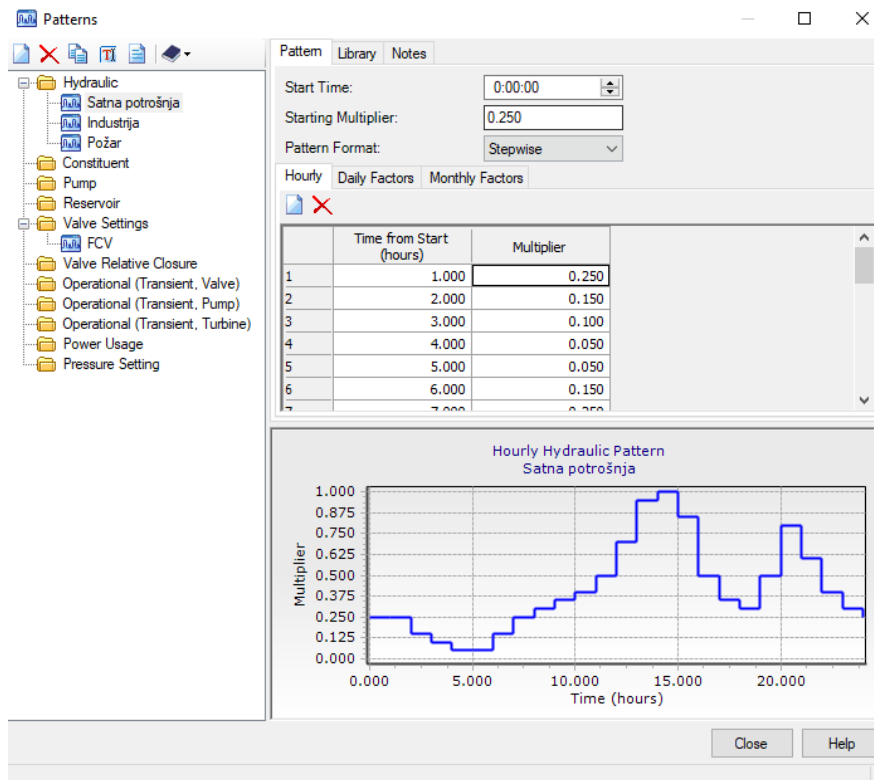
Uzorci se definiraju unutar izbornika „Patterns“ kao „Satna potrošnja“, „Industrija“ te „Požar“. Pošto je krivulja potrošnje zatvoreni ciklus, potrebno je postaviti jednaki početni i zadnji multiplikator za dani vodoopskrbni sustav tijekom dana.



Unutar ovog diplomskog rada uzeta je promjenjiva potrošnja vode, koja se mijenja tijekom cijelog dana što je karakteristično za stanovništvo i turiste. Uzorak za stanovanje definiran unutar WaterCAD V8i programa prikazan je na slici 44.

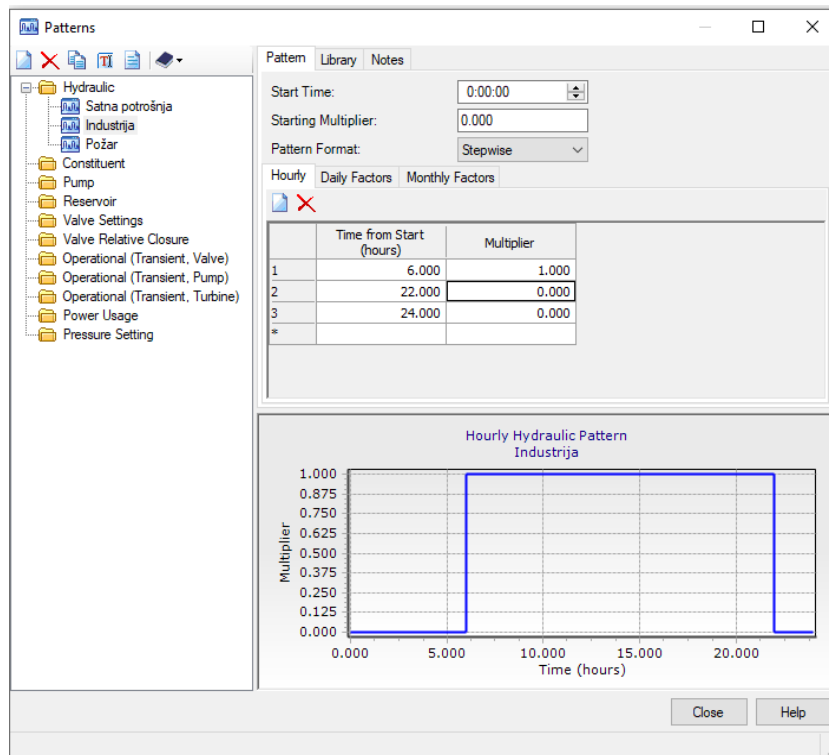
Tablica 6. Neravnomjernost satne potrošnje vode s pripadajućim multiplikatorima, uzorak za stanovanje

Vrijeme	Satna potrošnja	Multiplikator
[h]	[%]	[/]
0 - 1	2,5	0,25
1 - 2	1,5	0,15
2 - 3	1	0,1
3 - 4	0,5	0,05
4 - 5	0,5	0,05
5 - 6	1,5	0,15
6 - 7	2,5	0,25
7 - 8	3	0,3
8 - 9	3,5	0,35
9 - 10	4	0,4
10 - 11	5	0,5
11 - 12	7	0,7
12 - 13	9,5	0,95
13 - 14	10	1
14 - 15	8,5	0,85
15 - 16	5	0,5
16 - 17	3	0,3
17 - 18	3	0,3
18 - 19	5	0,5
19 - 20	8	0,8
20 - 21	6	0,6
21 - 22	4	0,4
22 - 23	3	0,3
23 - 24	2,5	0,25



Slika 44. Uzorak za definiranje satne potrošnje vode za stanovanje

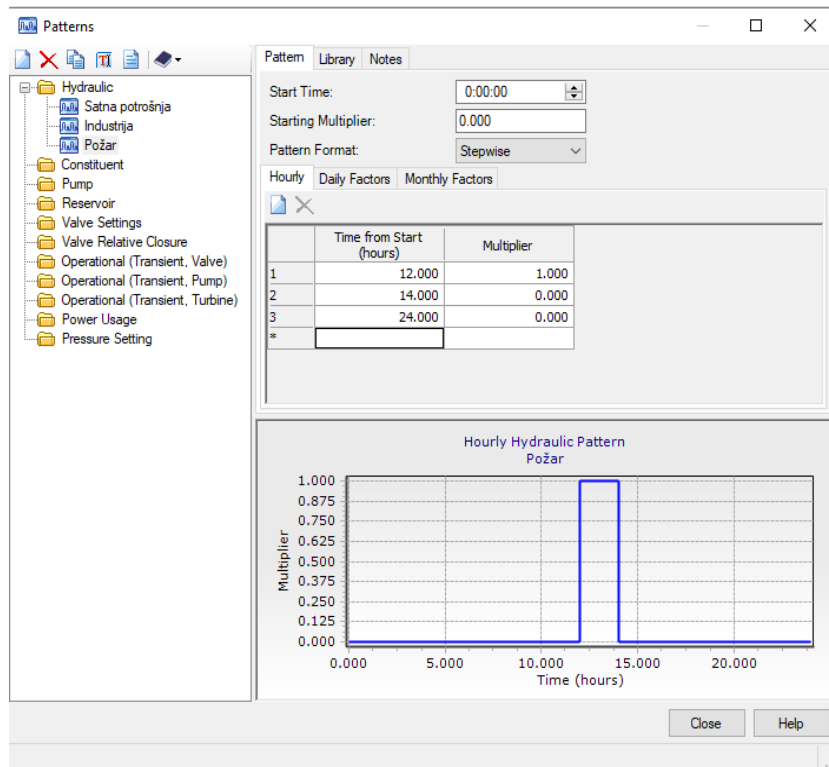
Kao što je već rečeno u *Poglavlju 3.*, industrija radi 16 sati dnevno, odnosno od 6 do 22 sata, te u to vrijeme multiplikator iznosi 1. Na slici 45. prikazan je uzorak za određivanje potrošnje vode u industriji.



Slika 45. Uzorak za potrošnju vode u industriji

Kako je minimalno trajanje požara dva sata (*Poglavlje 3.*), odabire se vrijeme kada je satna potrošnja vode najveća, a to je između 12 i 14 sati. Za vrijeme trajanja požara multiplikator iznosi 1. Na slici 46. prikazan je uzorak za određivanje potrošnje vode pri gašenju požara.

Nakon definiranja svih potrebnih uzoraka, određuje se potrošnja u svakom čvoru. U ovom diplomskom radu, koristili su se vlastiti protoci stanovništva koji su dobiveni u *Poglavlju 4.* te su upisani unutar izbornika „Demand“ što je prikazano na slici 47. Na isti se način definira potrošnja vode za sve ostale čvorove, hotele, kampove i industriju.



Slika 46. Uzorak za potrošnju vode pri gašenju požara

Demands (Junction: C-54)

	Demand (Base) (L/s)	Pattern (Demand)
1	0.294	Satna potrošnja
*		

Slika 47. Definiranje potrošnje vode za stanovništvo, potrošač C-54

Demands (Junction: H1)

	Demand (Base) (L/s)	Pattern (Demand)
1	6.031	Satna potrošnja
*		

Slika 48. Definiranje potrošnje vode za hotel H1

Demands (Junction: I1)

	Demand (Base) (L/s)	Pattern (Demand)
1	4.000	Industrija
*		

Slika 49. Definiranje potrošnje vode za industriju

Demands (Junction: K1)

	Demand (Base) (L/s)	Pattern (Demand)
1	14,555	Satna potrošnja
*		

Slika 50. Definiranje potrošnje vode za kamp K1

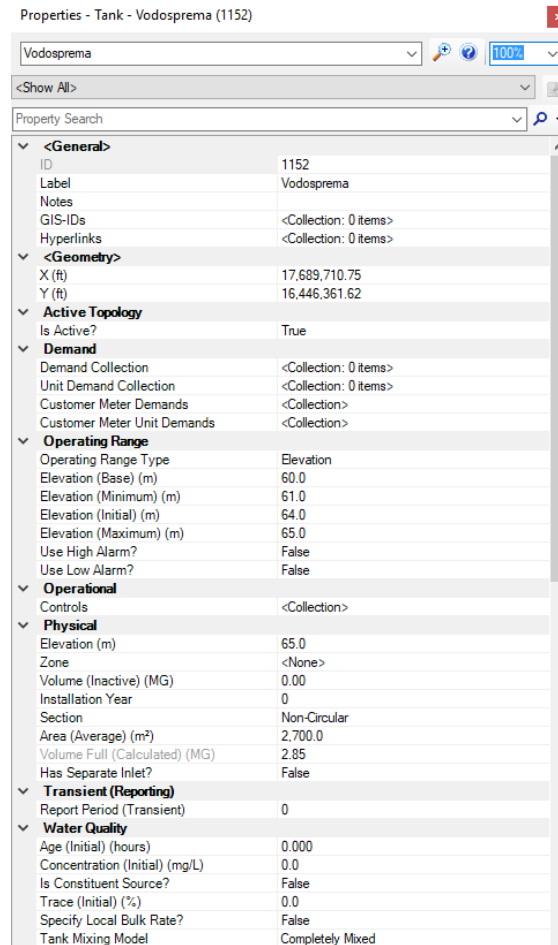
### 8.3 Definiranje vodospreme unutar WaterCAD V8i programa

Kod definiranja vodospreme („Reservoir“ ili „Tank“) unutar programa WaterCAD V8i potrebno je definirati nadmorsku visinu na kojoj se nalazi, kao i razinu vode te oblik i njenu veličinu. Vodosprema je smještena na koti 65 m n.m., dok se njezino dno nalazi na koti od 60 m n.m. Početna razina vode nalazi se na koti 64 m n.m. (4 m), maksimalna razina na 65 m n.m. (5 m), odnosno u razini kote terena, te se minimalna razina nalazi na koti od 61 m n.m. (1 m). Ukupni volumen vodospreme zadan je iz podataka dobivenih u *Poglavlju 5.* kako bi se zadovoljile potrebe za vodom na cijelokupnom vodoopskrbnom sustavu. Na slici 51. prikazano je definiranje značajki vodospreme unutar „FlexTable“ dijaloga, dok je na slici 52. prikazano definiranje unutar „Properties“ dijaloga.

FlexTable: Tank Table (Current Time: 0.000 hours) (Diplomski rad.wtg)

	ID	Label	Zone	Elevation (Base) (m)	Elevation (Minimum) (m)	Elevation (Initial) (m)	Elevation (Maximum) (m)	Volume (Inactive) (MG)	Diameter (m)	Flow (Out net) (L/s)	Hydraulic Grade (m)
1152: Vodosp	1152	Vodosprema	<None>	60.0	61.0	64.0	65.0	0.00	58.63	- 3,600.98	62.0

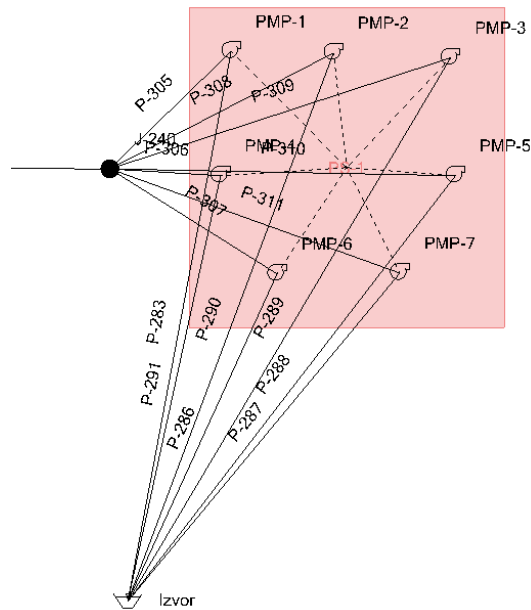
Slika 51. Definiranje značajki vodospreme unutar "FlexTable" dijaloga



Slika 52. Definiranje značajki vodospreme unutar "Properties" dijaloga

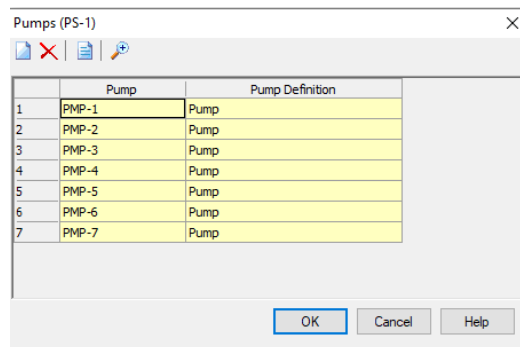
## 8.4 Definiranje crpne stanice unutar WaterCAD V8i programa

Definiranje crpne stanice unutar WaterCAD V8i programa provodi se unošenjem podataka dobivenih u *Poglavlju 6.* Proračunom je dobiveno kako je potrebno šest paralelnih grana crpki i jedna rezervna od kojih svaka diže protok od 105 l/s. Također je potrebno na svaku granu postaviti dvije crpke u serijski spoj s visinom podizanja 36 m. Zbog pojednostavljenja, unutar WaterCAD V8i računalnog programa definirano je sedam crpki od kojih je jedna rezervna. Svaka od njih podiže protok od 105 l/s na visinu od 72 m. Potrebno je najprije crpnoj stanici odrediti položaj, te ju povezati s izvorištem i dodati joj pripadajuće crpke (Slika 53.).



Slika 53. Definiranje dispozicija crpki unutar crpne stanice i izvora

Dodavanje crpnoj stanici pripadajuće crpke provodi se unutar polja „Pumps“ pod „Properties“ (Slika 54.). Nakon toga potrebno je definirati značajke crpki, što je najlakše unutar „FlexTable“ dijaloga (Slika 55.).

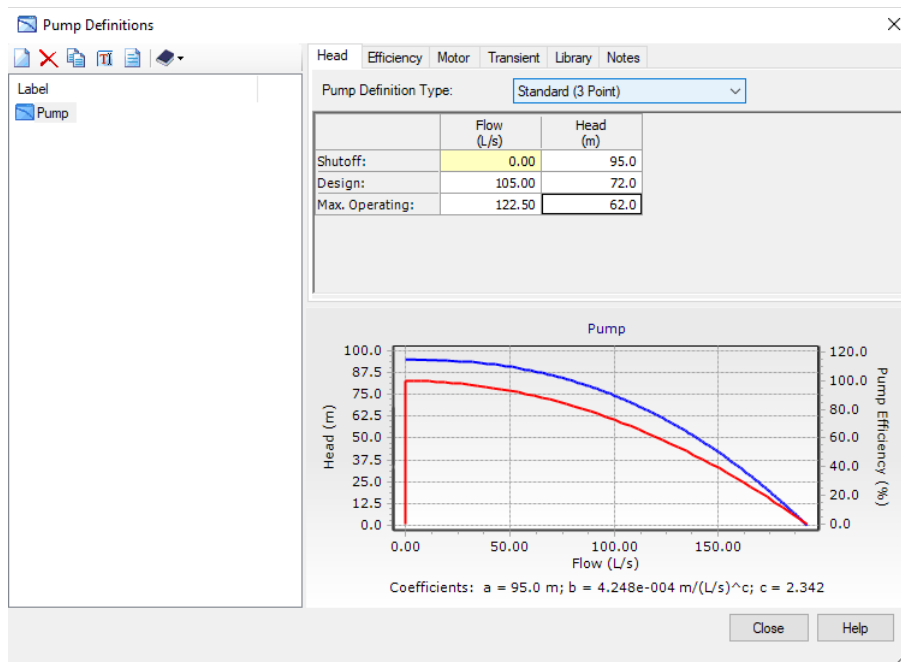


Slika 54. Definiranje pumpi unutar crpne stanice

	ID	Label	Elevation (m)	Pump Definition	Status (Initial)
1100:	PMP-1	1100 PMP-1	6.0	Pump	On
1101:	PMP-2	1101 PMP-2	6.0	Pump	On
1102:	PMP-3	1102 PMP-3	6.0	Pump	On
1103:	PMP-4	1103 PMP-4	6.0	Pump	On
1104:	PMP-5	1104 PMP-5	6.0	Pump	On
1105:	PMP-6	1105 PMP-6	6.0	Pump	On
1106:	PMP-7	1106 PMP-7	6.0	Pump	Off

Slika 55. Definiranje crpki unutar "FlexTable" dijaloga

Kod zadavanja značajki za pojedinu crpku potrebno je odabrati „*Pump definition*“ te definirati ulazne parametre rada crpki koji su dobiveni unutar *Poglavlja 5*. Taj je postupak prikazan na slici 56.



Slika 56. Definiranje značajki crpke za dotok vode crpljenjem u Varijanti 1

Na slici 56. prikazane su dvije krivulje rada crpke. Plava krivulja predstavlja  $Q-H$  krivulju, dok crvena predstavlja efikasnost (učinkovitost) rada crpke (tzv.  $Q-\eta$  krivulju).

## 9. HIDRAULIČKA ANALIZA PODMODELA IZRAĐENIH U WATERCAD V8i PROGRAMU

Hidraulička analiza provodi se nakon što su definirani svi elementi unutar vodoopskrbnog sustava. Unutar WaterCAD V8i računalnog programa moguće je provesti proračun stacionarnog tečenja te proračun unutar nekog određenog vremena. Za potrebe ovog rada provodi se hidraulička analiza za četiri podmodela, od kojih će se dvije varijante proračunati za gravitacijski dotok vode, dok će se druge dvije provesti za dotok vode crpljenjem. Pokretanje hidrauličkog proračuna unutar programa WaterCAD V8i provodi se naredbom „*Compute*“ u izborniku „*Analysis*“. Ukoliko su svi podaci ispravno definirani javlja se zelena boja unutar „*Calculation Summary*“ dijaloga, ukoliko ima pogrešaka prilikom definiranja javlja se crvena boja, dok žuta boja predstavlja upozorenje. Na slici 57. je hidrauličkim proračunom potvrđeno kako je vodoopskrbni sustav ispravno definiran, što potvrđuju protoci dobiveni unutar WaterCAD V8i programa koji su isti protocima iz *Poglavlja 4*.

Time (hours)	Balanced?	Trials	Relative Flow Change	Flow Supplied (L/s)	Flow Demanded
All Time Steps...	True	288	0.0000785	355.90	
0.00	True	4	0.0000013	666.01	
0.97	True	4	0.0000001	0.00	
1.00	True	10	0.0000096	631.51	
1.01	True	3	0.0000001	0.00	
2.00	True	10	0.0000127	639.70	
2.22	True	4	0.0000001	0.00	
3.00	True	10	0.0000150	636.23	
3.12	True	4	0.0000001	0.00	
4.00	True	10	0.0000211	634.97	
4.09	True	4	0.0000003	0.00	
5.00	True	9	0.0000377	633.17	
5.05	True	4	0.0000002	0.00	

Slika 57. Izvještaj hidrauličkog proračuna unutar programa WaterCAD V8i

### 9.1 Gravitacijski dotok vode

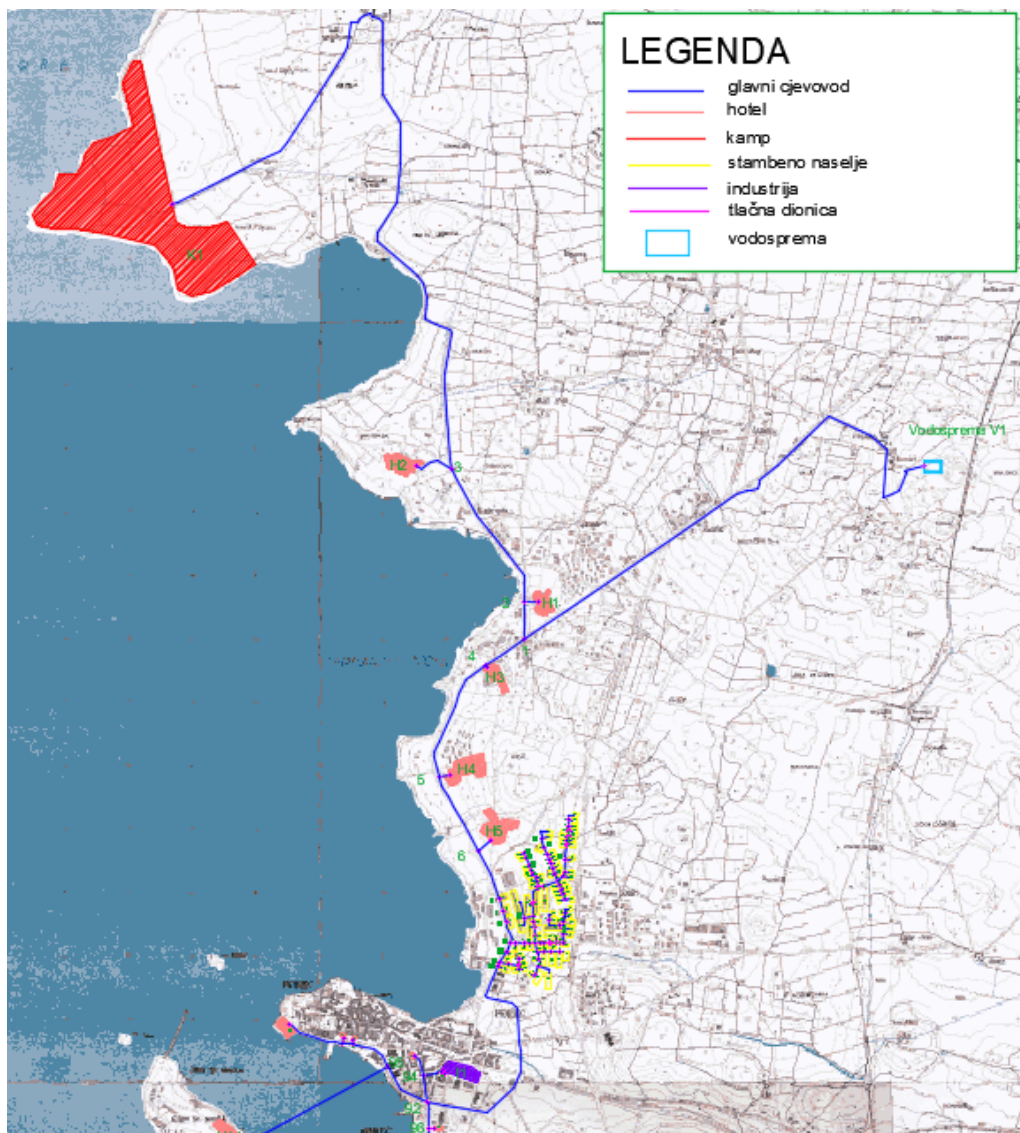
Unutar ovog diplomskog rada hidraulički proračun se provodi za gravitacijski dotok vode u vodospremu, te za dotok vode u vodospremu crpljenjem (*Poglavlje 5*). Unutar ovog poglavlja



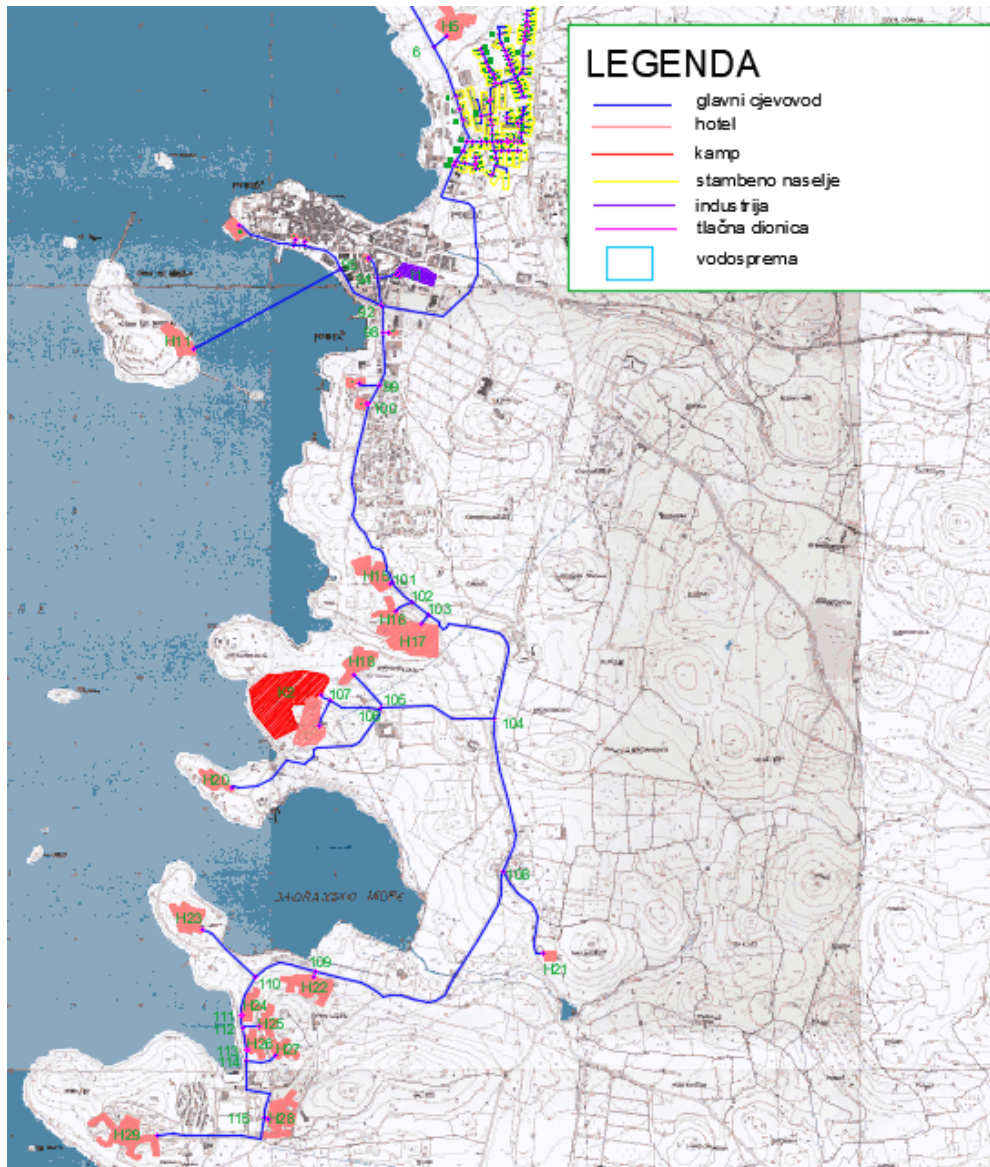
biti će prikazane dvije varijante sa gravitacijskim dotokom vode unutar kojih će vodospreme biti smještene na različitim dispozicijama. Također će biti prikazani i rezultati dobiveni promjenom materijala vodoopskrbnih cijevi.

### 9.1.1 Varijanta 1 – vodosprema V1

Prvu varijantu gravitacijskog dotoka vode u vodospremu čini vodosprema V1 koja se nalazi na koti od 65 m n.m. te se nalazi na krajnjem gornjem dijelu vodoopskrbne mreže (Slika 58. i 59.). Dno vodospreme nalazi se na koti 60 m n.m. Izvor iz kojeg vodosprema dobiva vodu smješteno je na koti 69,4 m n.m. Ukupan volumen vodospreme V1 iznosi 13 500 m<sup>3</sup> što je dobiveno unutar proračuna u *Poglavlju 5*.



Slika 58. Položaj vodospreme V1



Slika 59. Položaj vodospreme V1, nastavak

Važno je naglasiti kako je proračun unutar ove varijante izvršen za maksimalnu satnu potrošnju koja se javlja u 14:00 sati. U ovoj je varijanti obuhvaćena potreba za vodom od strane stanovništva, turista te industrije. Na slici 60. prikazane su dionice koje u vrijeme maksimalne satne potrošnje imaju najveći protok i brzinu. Najveći protok je 612,77 l/s kao što je i dobiveno u *Poglavlju 4.*, dok najveća brzina vode iznosi 1,3 m/s.

Start Node	Stop Node	Diameter (mm)	Material	Hazen-Williams C	Has Check Valve?	Minor Loss Coefficient (Local)	Flow (L/s)	Velocity (m/s)
J-218	H-62	700.0	Ductile Iron	130.0	<input type="checkbox"/>	0.000	500.07	1.30
H-62	H-64	700.0	Ductile Iron	130.0	<input type="checkbox"/>	0.000	500.07	1.30
H-64	J-22	700.0	Ductile Iron	130.0	<input type="checkbox"/>	0.000	500.07	1.30
J-22	H-139	700.0	Ductile Iron	130.0	<input type="checkbox"/>	0.000	489.33	1.27
H-139	H-65	700.0	Ductile Iron	130.0	<input type="checkbox"/>	0.000	489.33	1.27
H-65	H-66	700.0	Ductile Iron	130.0	<input type="checkbox"/>	0.000	489.33	1.27
H-66	H-67	700.0	Ductile Iron	130.0	<input type="checkbox"/>	0.000	489.33	1.27
H-67	J-193	700.0	Ductile Iron	130.0	<input type="checkbox"/>	0.000	489.33	1.27
J-161	J-147	600.0	Ductile Iron	130.0	<input type="checkbox"/>	0.000	358.06	1.27
J-147	J-148	600.0	Ductile Iron	130.0	<input type="checkbox"/>	0.000	356.38	1.26
J-148	H-137	600.0	Ductile Iron	130.0	<input type="checkbox"/>	0.000	349.59	1.24
H-137	J-116	600.0	Ductile Iron	130.0	<input type="checkbox"/>	0.000	349.59	1.24
J-116	H-14	600.0	Ductile Iron	130.0	<input type="checkbox"/>	0.000	348.80	1.23
H-14	H-71	600.0	Ductile Iron	130.0	<input type="checkbox"/>	0.000	348.80	1.23
H-71	H-72	600.0	Ductile Iron	130.0	<input type="checkbox"/>	0.000	348.80	1.23
H-72	H-73	600.0	Ductile Iron	130.0	<input type="checkbox"/>	0.000	348.80	1.23
H-73	H-75	600.0	Ductile Iron	130.0	<input type="checkbox"/>	0.000	348.80	1.23
H-75	H-76	600.0	Ductile Iron	130.0	<input type="checkbox"/>	0.000	348.80	1.23
H-76	H-77	600.0	Ductile Iron	130.0	<input type="checkbox"/>	0.000	348.80	1.23
H-77	J-214	600.0	Ductile Iron	130.0	<input type="checkbox"/>	0.000	348.80	1.23
J-209	J-136	500.0	Ductile Iron	130.0	<input type="checkbox"/>	0.000	242.05	1.23
Vodosprema	J-218	800.0	Ductile Iron	130.0	<input type="checkbox"/>	0.000	612.77	1.22

Slika 60. Prikaz dionica s najvećim brzinama toka vode unutar vodoopskrbnog sustava

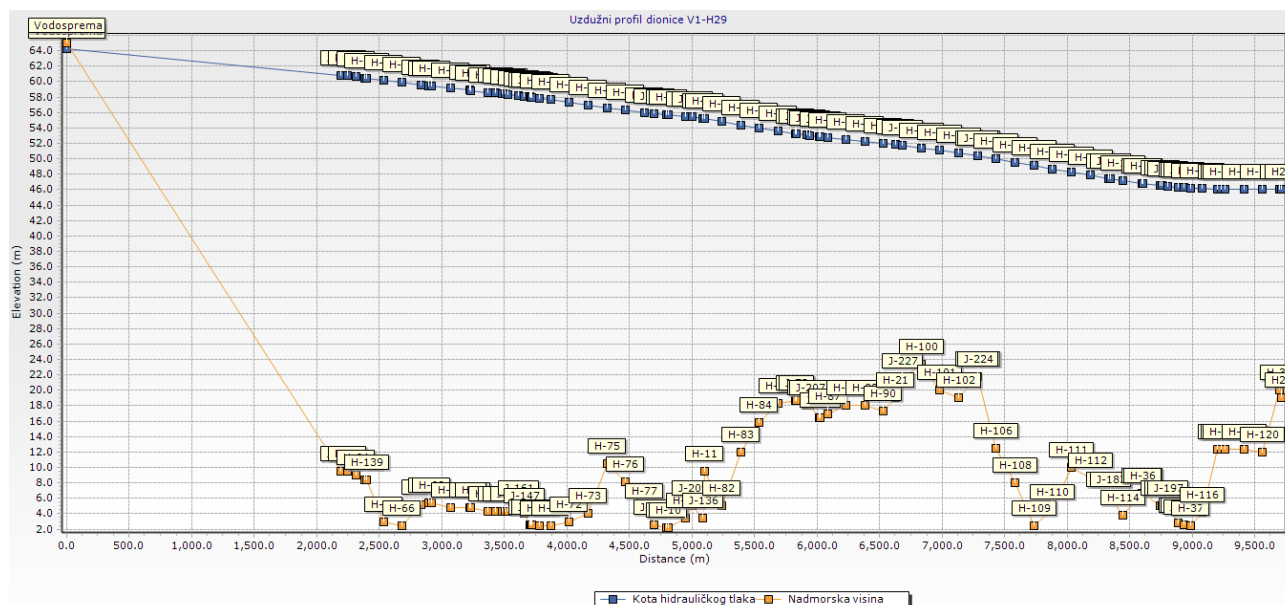
Iz priloženog se može vidjeti kako maksimalne brzine toka vode zadovoljavaju uvjet, odnosno manje su od 2 m/s. Velike brzine štete cijevima i uzrokuju turbulenciju, te ih treba izbjegavati. Najmanje brzine koje se javljaju u sustavu iznose 0,01 m/s za promjer od 250 mm, te se one javljaju na vrlo kratkim dionicama, odnosno priključcima na potrošače.

Tablica 7. Prikaz 20 dionica sa najvećim i najmanjim radnim tlakovima u vrijeme maksimalne satne potrošnje

Čvor	Nadmorska visina [m n.m.]	Potreba za vodom [l/s]	Kota hidrodinamičkog tlaka [m]	Radni tlak [m V.st.]
J-201	2,7	4,27	60,60	57,80
H1	2,7	6,03	60,60	57,80
J-148	2,6	1,40	58,00	55,29
C-81	2,6	0,29	58,00	55,29
J-11	2,6	0,86	58,00	55,29
J-116	2,6	0,44	58,00	55,26
C-5	2,6	0,35	58,00	55,26
J-77	4,3	6,16	58,50	54,11
C-1	4,3	0,29	58,50	54,11
J-91	4,3	1,47	58,40	54,02
J-157	12,3	8,79	46,10	33,73
J-27	20	13,02	50,90	30,88
J-28	20	0,29	50,90	30,86
J-227	21,5	19,40	51,70	30,17
J-224	21,8	17,69	50,40	28,54
H29	19	0,63	46,10	27,04
H25	20	5,23	46,40	26,37
J-195	25	5,91	50,70	25,61
H19	25	5,23	50,70	25,61
K2	25	14,56	50,60	25,59

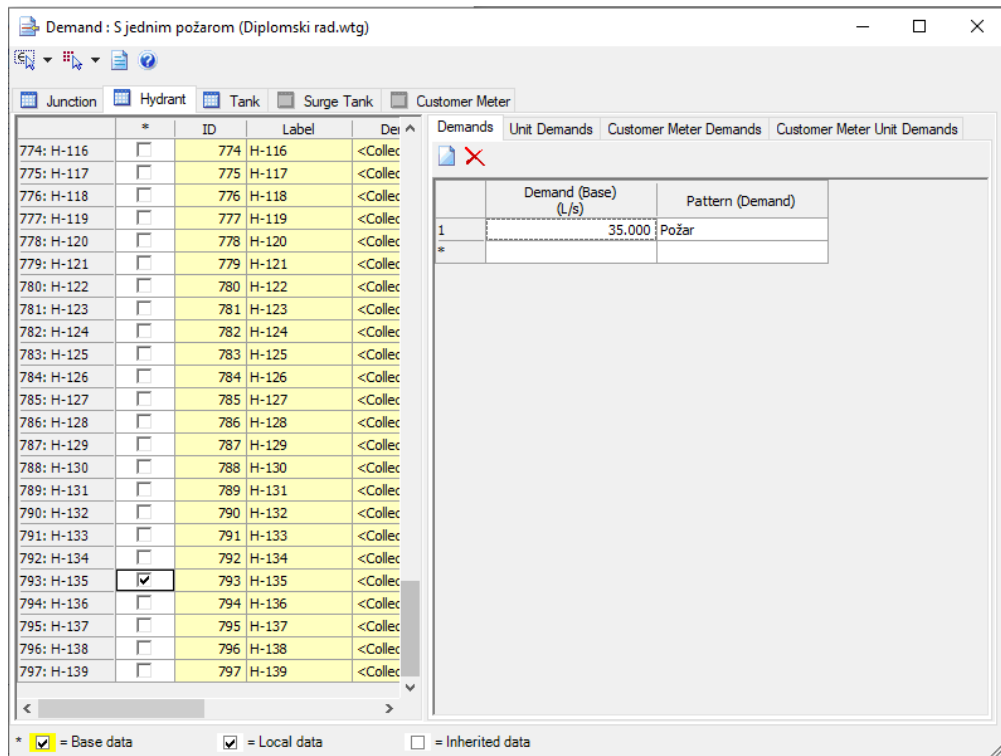
U tablici 7. prikazani su maksimalni i minimalni radni tlakovi koji se javljaju u vodoopskrbnom sustavu za vrijeme maksimalne satne potrošnje. Iz priloženog je vidljivo kako su radni tlakovi zadovoljeni, odnosno kreću se između 2,5 i 7,5 bara (25 i 75 m V.st.). Maksimalni radni tlak iznosi 5,8 bara (57,80 m V.st.) što se poklapa sa rezultatom dobivenim u *Prilogu 4*. Minimalni tlak iznosi 2,6 bara (25,59 m V.st.) što se također poklapa s proračunom u *Prilogu 4*. uz manje odstupanje. Ovi nam podaci potvrđuju kako položaj vodospreme V1 zadovoljava proračun.

Na slici 61. uzdužnim profilom prikazani su podaci o nadmorskim visinama i hidrauličkom tlaku od vodospreme V1 do hotela H29. Profilom je prikazano postepeno opadanje piezometarske linije (kote hidrauličkog tlaka). Kota hidrodinamičkog (hidrauličkog) tlaka opada zbog gubitaka koji se javljaju na prikazanim dionicama, a te gubitke dijelimo na linijske i lokalne (koji se u praksi često zanemaruju zbog manjih vrijednosti u odnosu na linijske gubitke).



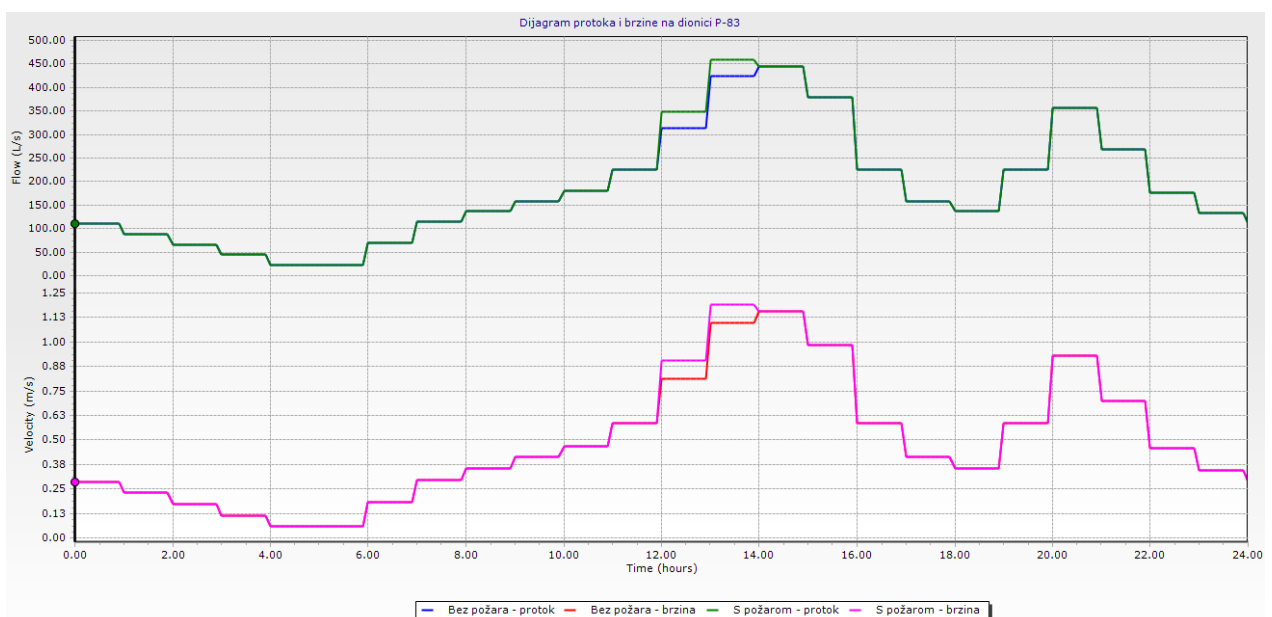
Slika 61. Uzdužni profil dionice vodosprema V1-hotel H29

Na slici 62. prikazano je zadavanje potrošnje vode za hidrant H-135. Količina vode koja je potrebna za gašenje požara definirana je u *Poglavlju 3*. te iznosi 35 l/s po jednom požaru. Također je definirano da se požar javlja u periodu maksimalne satne potrošnje, a to je od 12 do 14 sati.



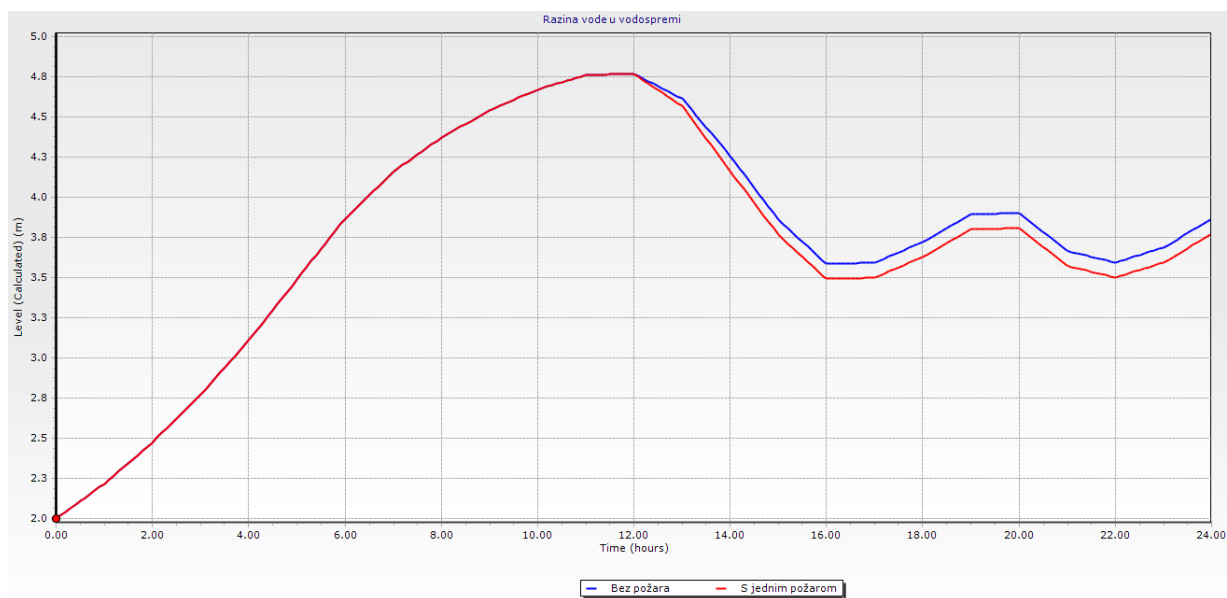
Slika 62. Definiranje potrošnje vode za hidrant H-135

Za vrijeme trajanja požara, na dionicama od vodospreme do hidranta H-135 povećati će se protok za iznos potrebne količine vode za gašenje požara, a to je 35 l/s. Također dolazi i do povećavanja brzine. Na slici 63. prikazan je dijagram promjene brzine toka vode i protoka za vrijeme gašenja jednog požara na dionici P-83. Na dijagramu se može vidjeti kako se najveće brzine toka vode i protoci javljaju u periodu od 12 do 14 sati.

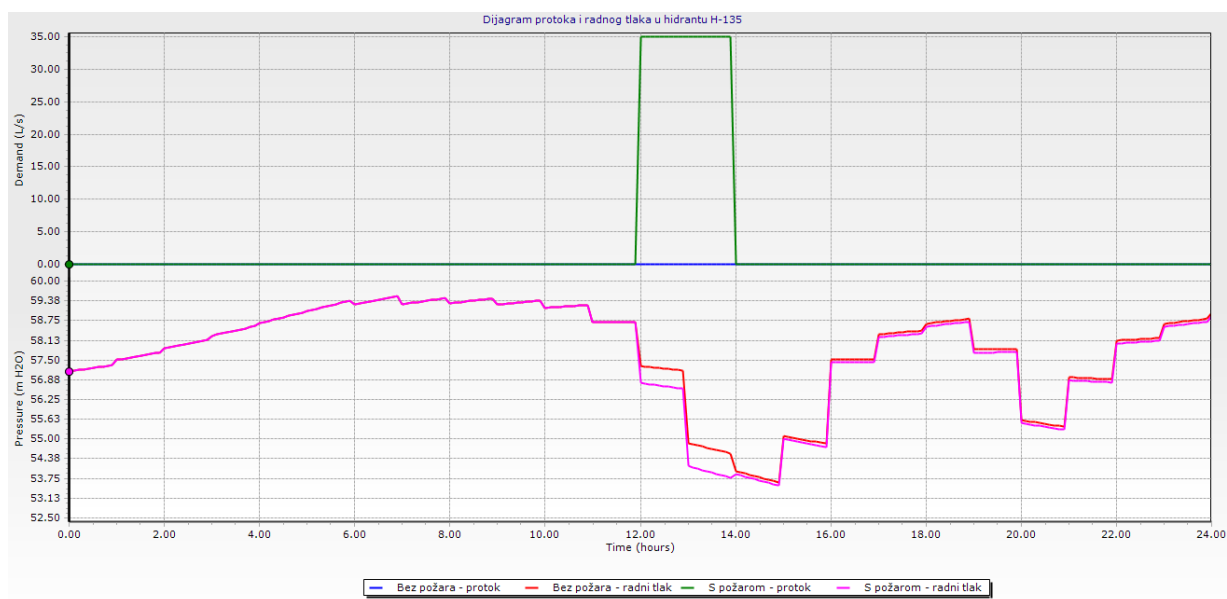


Slika 63. Dijagram brzine toka vode i protoka na dionici P-83

Na slici 64. prikazano je opadanje razine vode u vodospremi nakon pojave požara, a slikom 65. prikazan je dijagram radnih tlakova i protoka za hidrant H-135 sa i bez pojave požara. Vidljivo je kako se protok u vrijeme požara povećao za 35 l/s, dok su se radni tlakovi smanjili. Radni tlakovi su i nakon požara ostali manji zbog smanjenja razine vode u glavnoj vodospremi. Tlak na izlazu iz hidranta iznosi više od 2,5 bara (25 m V.st.) čime se uvjet zadovoljava.



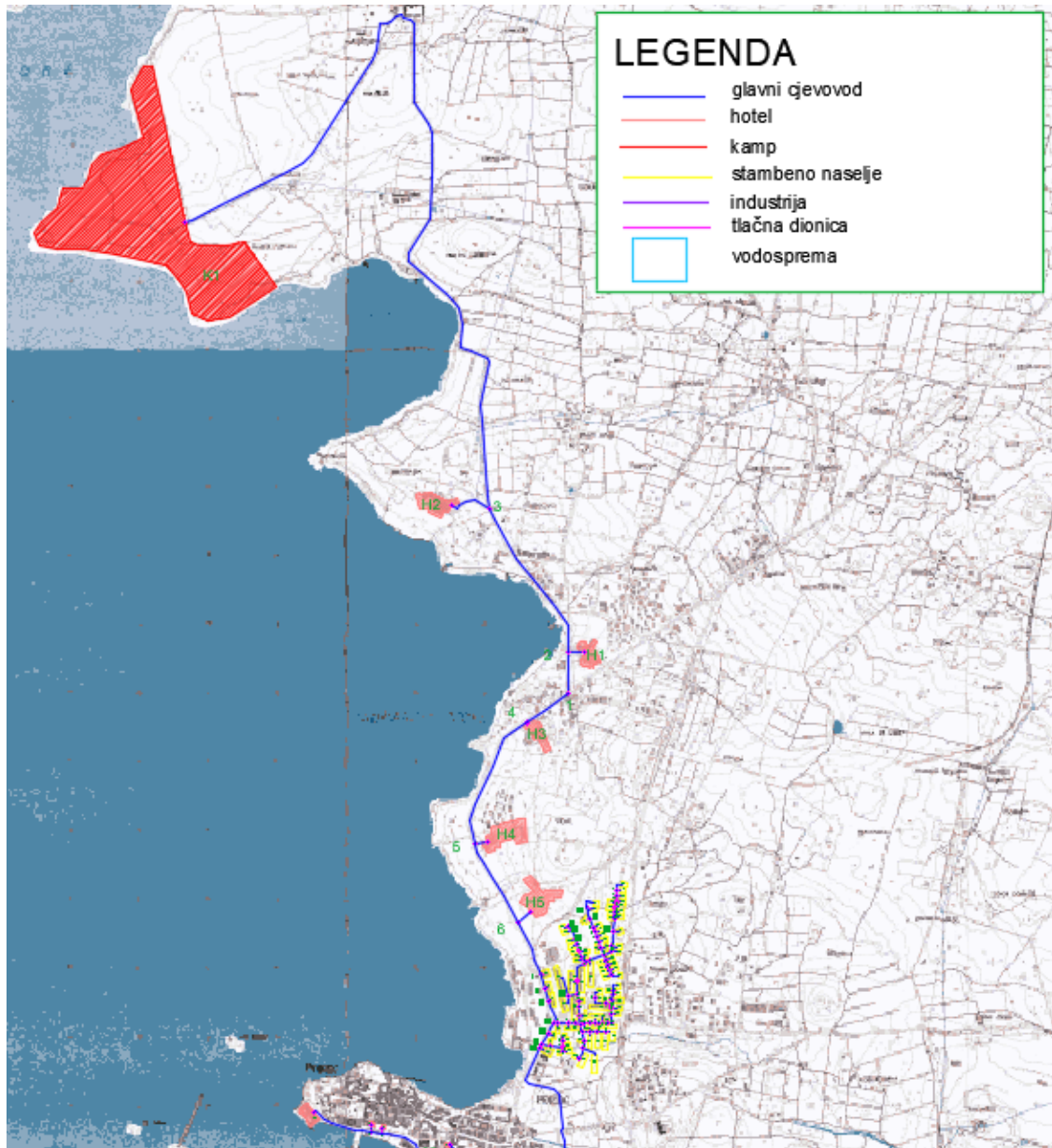
Slika 64. Razina vode u vodnoj komori glavne vodospreme



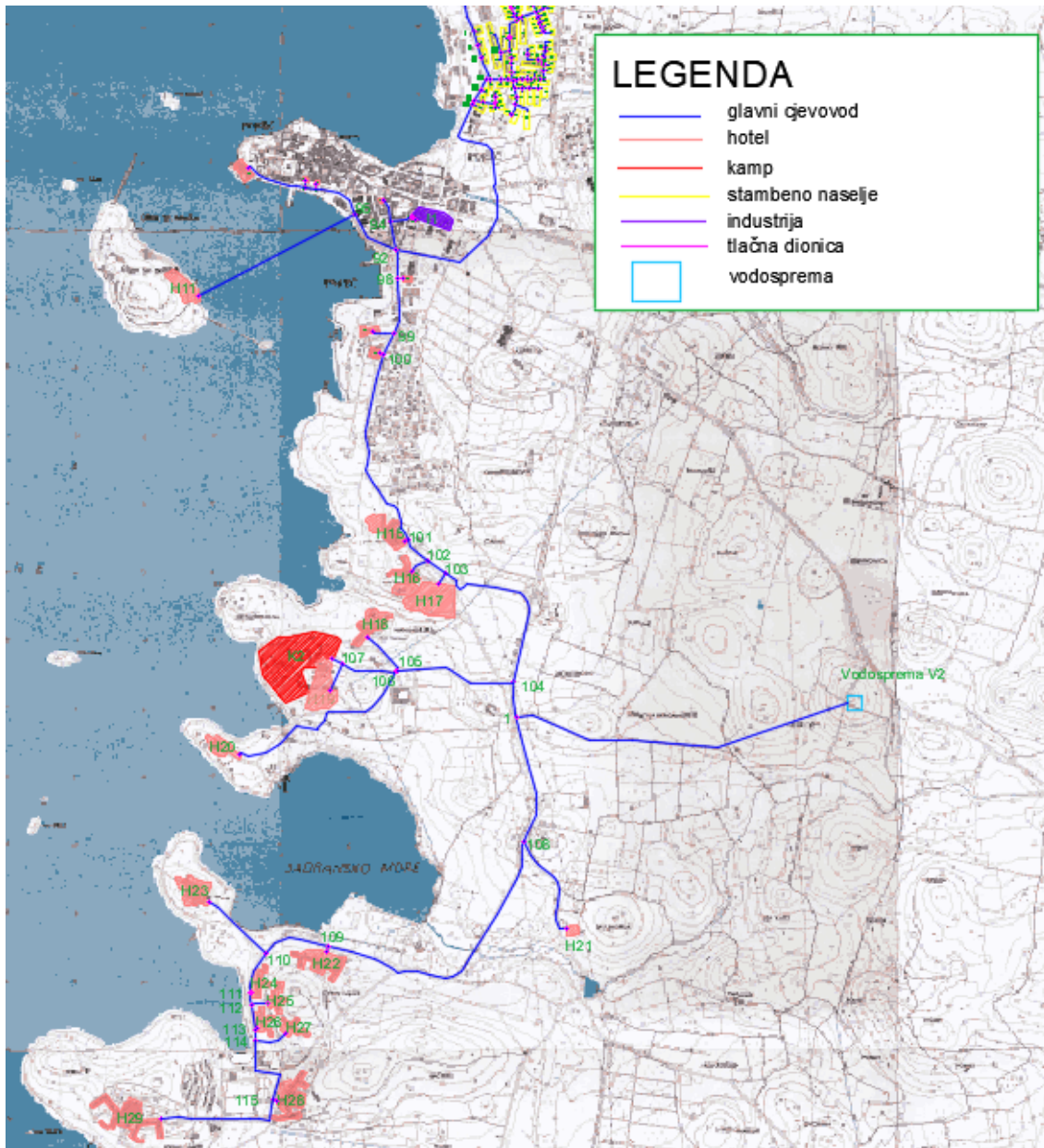
Slika 65. Dijagram radnih tlakova i protoka za hidrant H-135

### 9.1.2 Varijanta 2 – vodosprema V2

Varijanta 2 vodoopskrbnog sustava se razlikuje od Varijante 1 po položaju vodospreme zbog čega je došlo do promjene u promjerima nekih cijevi. Također se u Varijanti 2 razmatraju rezultati tlakova koji su dobiveni primjenom različitih materijala cijevi. Vodosprema 2 nalazi se na donjem dijelu vodoopskrbnog sustava na koti 67,5 m n.m. (Slika 66. i 67).



Slika 66. Položaj vodospreme V2



Slika 67. Položaj vodospreme V2, nastavak

U WaterCAD V8i računalnom programu bilo je potrebno ponovno definirati vodospremu. Dno vodospreme se nalazi na 62,5 m n.m., početna razina vode je na 66,5 m n.m. (4 m), maksimalna razina je u razini kote terena odnosno 67,5 m n.m. (5 m), te se minimalna razina nalazi na 63,5 m n.m. (1 m). Izvor iz kojeg vodosprema dobiva vodu uzet je na koti od 70 m n.m. Vodosprema 2 ima jednaki ukupni volumen kao vodosprema 1, a on iznosi 13 500 m<sup>3</sup>. Na slici 68. prikazano je definiranje vodospreme 2 unutar „FlexTablea“ u WaterCAD V8i programu.



FlexTable: Tank Table (Current Time: 0.000 hours) (Diplomski rad.wtg)

ID	Label	Zone	Elevation (Base) (m)	Elevation (Minimum) (m)	Elevation (Initial) (m)	Elevation (Maximum) (m)	Volume (Inactive) (MG)	Diameter (m)	Flow (Out net) (L/s)	Hydraulic Grade (m)
1170: Vodosp	1170 Vodosprema V2	<None>	62.5	63.5	66.5	67.5	0.00	58.63	- 162.39	64.5

Slika 68. Definiranje vodospreme 2 unutar WaterCAD V8i računalnog programa

Hidrauličkom analizom provedenom u programu WaterCAD V8i dobiven je maksimalni protok od 612,77 l/s što odgovara ukupnom maksimalnom satnom protoku dobivenom u *Poglavlju 3*. Maksimalna brzina iznosi 1,34 m/s čime se zadovoljava uvijet da brzina bude manja od 2 m/s. Negativni predznak ispred iznosa protoka u ovom slučaju označava drugi smjer kretanja vode u sustavu. Pošto voda teče u jednom smjeru od vodospreme ka potrošačima, ovaj minus označava da protok teče u smjeru koji je suprotan od definirane cijevi. U ovoj varijanti i dalje minimalni promjer cijevi ostaje 250 mm i minimalna brzina toka vode od 0,01 m/s. Na slici 69. prikazano je deset dionica s najvećom brzinom unutar sustava.

Start Node	Stop Node	Diameter (mm)	Material	Hazen-Williams C	Has Check Valve?	Minor Loss Coefficient (Local)	Flow (L/s)	Velocity (m/s)
J-136	H-11	600.0	Ductile Iron	130.0	<input type="checkbox"/>	0.000	- 378.47	1.34
H-11	H-82	600.0	Ductile Iron	130.0	<input type="checkbox"/>	0.000	- 378.47	1.34
H-82	H-83	600.0	Ductile Iron	130.0	<input type="checkbox"/>	0.000	- 378.47	1.34
H-83	H-84	600.0	Ductile Iron	130.0	<input type="checkbox"/>	0.000	- 378.47	1.34
H-84	H-86	600.0	Ductile Iron	130.0	<input type="checkbox"/>	0.000	- 378.47	1.34
H-86	H-15	600.0	Ductile Iron	130.0	<input type="checkbox"/>	0.000	- 378.47	1.34
H-15	J-72	600.0	Ductile Iron	130.0	<input type="checkbox"/>	0.000	- 378.47	1.34
J-209	J-136	600.0	Ductile Iron	130.0	<input type="checkbox"/>	0.000	- 370.72	1.31
J-160	H-10	600.0	Ductile Iron	130.0	<input type="checkbox"/>	0.000	- 358.68	1.27
H-10	H-81	600.0	Ductile Iron	130.0	<input type="checkbox"/>	0.000	- 358.68	1.27
H-81	J-209	600.0	Ductile Iron	130.0	<input type="checkbox"/>	0.000	- 358.68	1.27
J-214	J-160	600.0	Ductile Iron	130.0	<input type="checkbox"/>	0.000	- 350.31	1.24
Vodosprema V2	J-227	800.0	Ductile Iron	130.0	<input type="checkbox"/>	0.000	612.77	1.22

Slika 69. Prikaza deset dionica s najvećom brzinom toka vode

Unutar ove varijante proračun se proveo s dvije vrste materijala vodoopskrbne cijevi: lijevano željeznim te PVC cijevima. Materijal cijevi utječe na radne tlakove u sustavu, pa su stoga dobiveni sljedeći rezultati koji su prikazani u tablicama 8. i 9. Za lijevanoželjezne cijevi koeficijent hrapavosti iznosi 130 (prema Hazen-Williams klasifikaciji, C) te je maksimalni tlak 5,9 bara (58,54 m V.st.), a minimalni 3,6 bara (35,87 m V.st.). U usporedbi s time, za PVC cijevi koeficijent hrapavosti iznosi 150 (prema Hazen-Williams klasifikaciji, C) te maksimalni tlak iznosi 6,5 bara (64,58 m V.st.), a minimalni 4,1 bara (41,23 m V.st.). Tlakovi se u oba slučaja kreću između 2,5 i 7,5 bara što znači da ovaj položaj vodospreme zadovoljava uvijet.

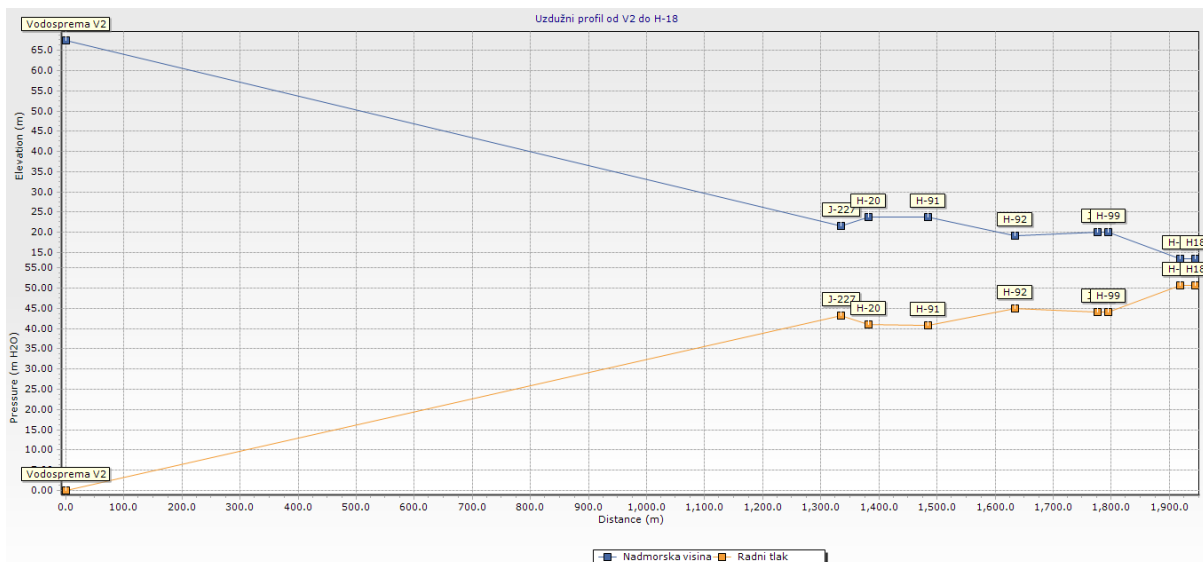
Tablica 8. Deset maksimalnih i minimalnih radnih tlakova za lijevanoželjezne cijevi

Čvor	Nadmorska visina [m n.m.]	Potreba za vodom [l/s]	Kota hidrodinamičkog tlaka [m]	Radni tlak - lijevano željezo [m V.st.]
J-221	1,4	6,23	60,1	58,54
J-160	2,2	3,13	60,8	58,5
H12	2,2	5,23	60,8	58,5
H11	1,5	6,03	60	58,39
J-151	1,4	5,35	59,8	58,33
H8	1,4	6,03	59,8	58,33
J-180	1,4	1,22	59,8	58,31
H9	1,4	6,03	59,8	58,31
H10	1,5	6,03	59,8	58,19
J-136	3,5	2,52	61,5	57,89
C-22	22	0,38	58,1	36,07
J-21	22	0,39	58,1	36,07
C-23	22	0,29	58,1	36,07
J-20	22	0,29	58,1	36,07
C-24	22	0,4	58,1	36,07
J-129	22,2	0,57	58,1	35,87
C-25	22,2	0,39	58,1	35,87
J-140	22,2	0,68	58,1	35,87
C-26	22,2	0,41	58,1	35,87
C-27	22,2	0,98	58,1	35,87

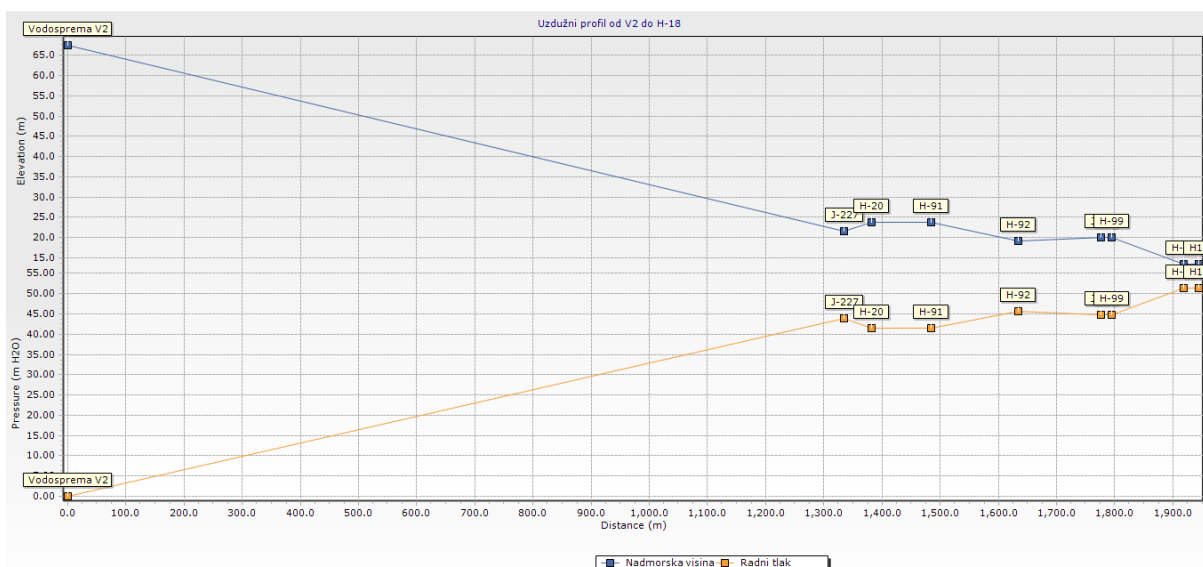
Tablica 9. Deset maksimalnih i minimalnih radnih tlakova za PVC cijevi

Čvor	Nadmorska visina [m n.m.]	Potreba za vodom [l/s]	Kota hidrodinamičkog tlaka [m]	Radni tlak - PVC [m V.st.]
J-221	1,4	1,56	66,1	64,58
J-151	1,4	1,34	66,1	64,57
H8	1,4	1,51	66,1	64,57
J-180	1,4	0,31	66,1	64,57
H9	1,4	1,51	66,1	64,57
H11	1,5	1,51	66,1	64,48
H10	1,5	1,51	66,1	64,47
H28	2	1,51	66	63,92
J-160	2,2	0,78	66,2	63,83
H12	2,2	1,31	66,2	63,83
J-20	22	0,07	66	43,91
C-24	22	0,1	66	43,91
C-25	22,2	0,1	66	43,71
J-129	22,2	0,14	66	43,71
C-26	22,2	0,1	66	43,71
J-140	22,2	0,17	66	43,71
C-27	22,2	0,25	66	43,71
J-195	25	1,48	66,3	41,23
H19	25	1,31	66,3	41,23
K2	25	3,64	66,3	41,23

Na sljedećim slikama, 70. i 71., prikazani su radni tlakovi i nadmorske visine za dionice od vodospreme V2 do hotela H-18 za slučaj lijevanoželjeznih cijevi i PVC cijevi, u razdoblju najveće satne potrošnje.

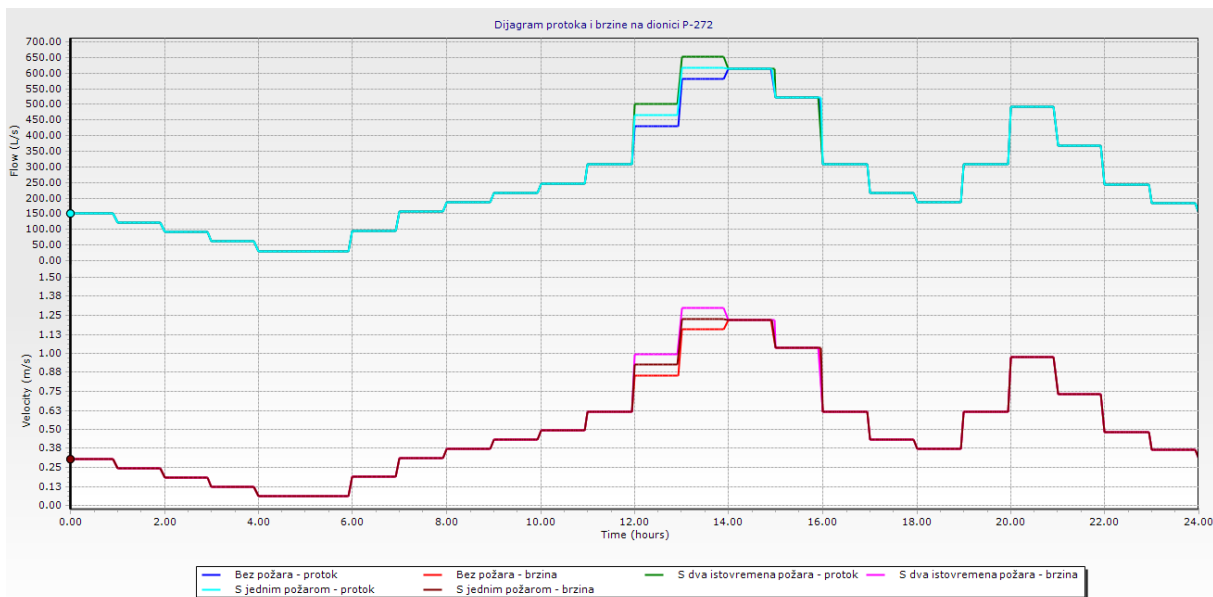


Slika 70. Dijagram promjena radnog tlaka na dionici od vodospreme V2 do hotela H-18 - lijevanoželjezne cijevi



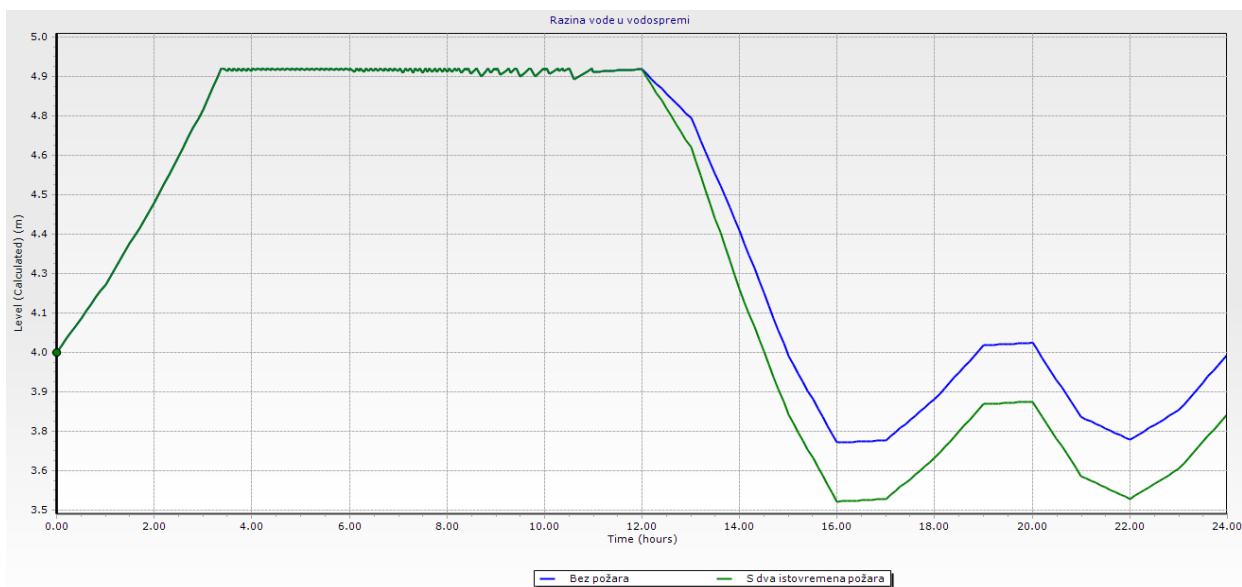
Slika 71. Dijagram promjena radnog tlaka na dionici od vodospreme V2 do hotela H-18 - PVC cijevi

Unutar ove varijante proveden je proračun za slučaj javljanja dva požara istovremeno u periodu najveće satne potrošnje (12 – 14 h). Potrebna količina za gašenje požara je za ovaj slučaj duplicirana, te ona iznosi 70 l/s (35 + 35 l/s). Za potrebe gašenja požara koriste se dva hidranta, H-102 i H-114, koji se nalaze na donjem dijelu sustava. Na slici 72. prikazan je dijagram promjene brzine toka vode i protoka u dionici P-272, koja povezuje glavnu vodospremu s ostatkom mreže. U slučaju gašenja dva istovremena požara, na dijagramu se može vidjeti povećanje protoka od 70 l/s.

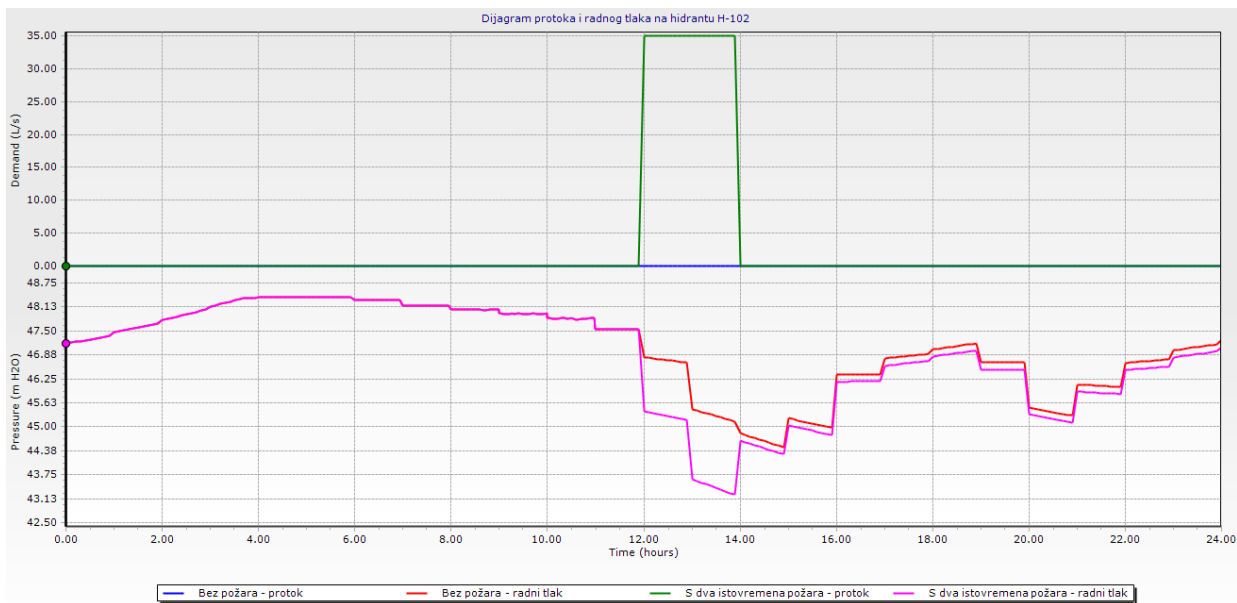


Slika 72. Dijagram brzine toka vode i protoka na dionici P-272 (dva požara)

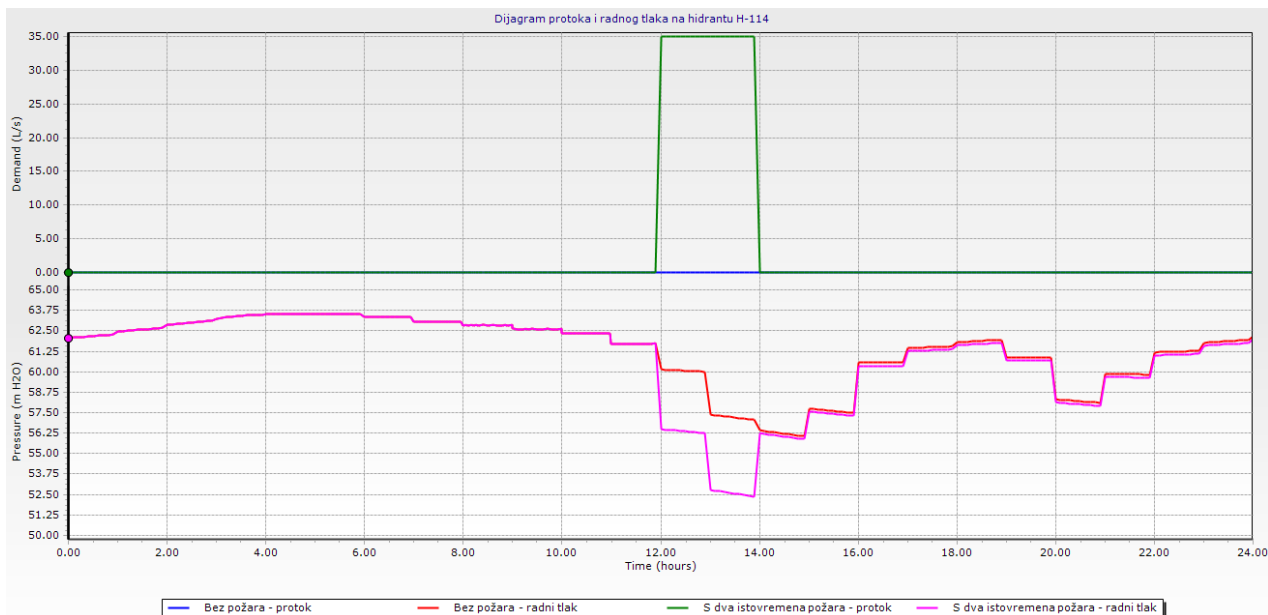
Od početka požara, razina vode u vodnoj komori vodospreme počinje opadati što je prikazano na slici 73. Na slikama 74. i 75. prikazan je radni tlak i protok na hidrantima H-102 i H-114 za vrijeme trajanja požara. Kao što je vidljivo, tijekom požara hidranti isporučuju 35 l/s vode zbog čega im tlakovi opadaju. Minimalni tlak na hidrantu H-102 u to vrijeme iznosi 43,20 m V.st. (4,3 bara), a na hidrantu H-114 iznosi 52,45 m V.st. (5,2 bara), čime su zadovoljeni uvjeti minimalnih tlakova na izlazu iz hidranta.



Slika 73. Razina vode u vodnoj komori glavne vodospreme



Slika 74. Dijagram radnog tlaka i protoka na hidrantu H-102



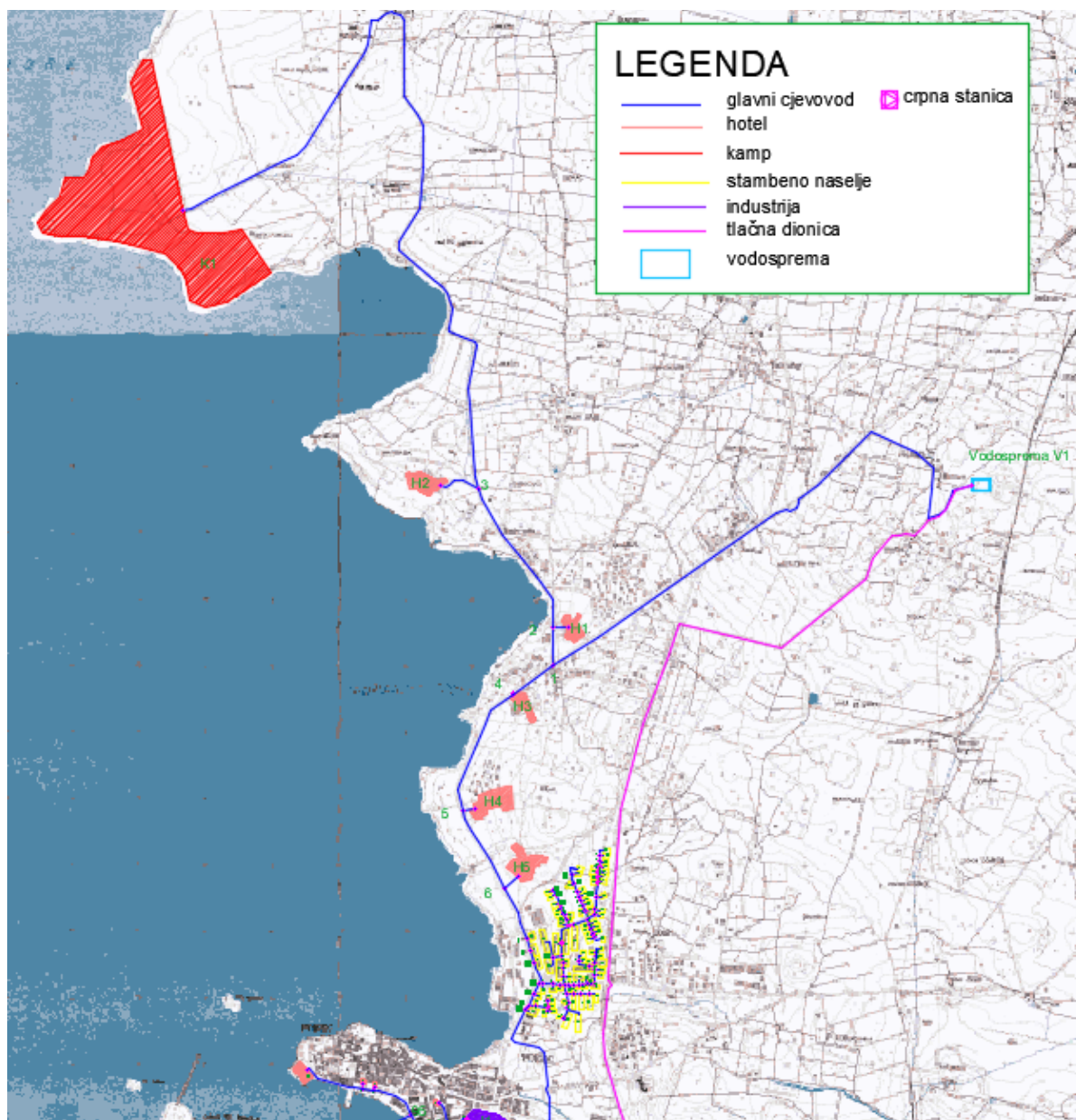
Slika 75. Dijagram radnog tlaka i protoka na hidrantu H-114

## 9.2 Dotok vode crpljenjem

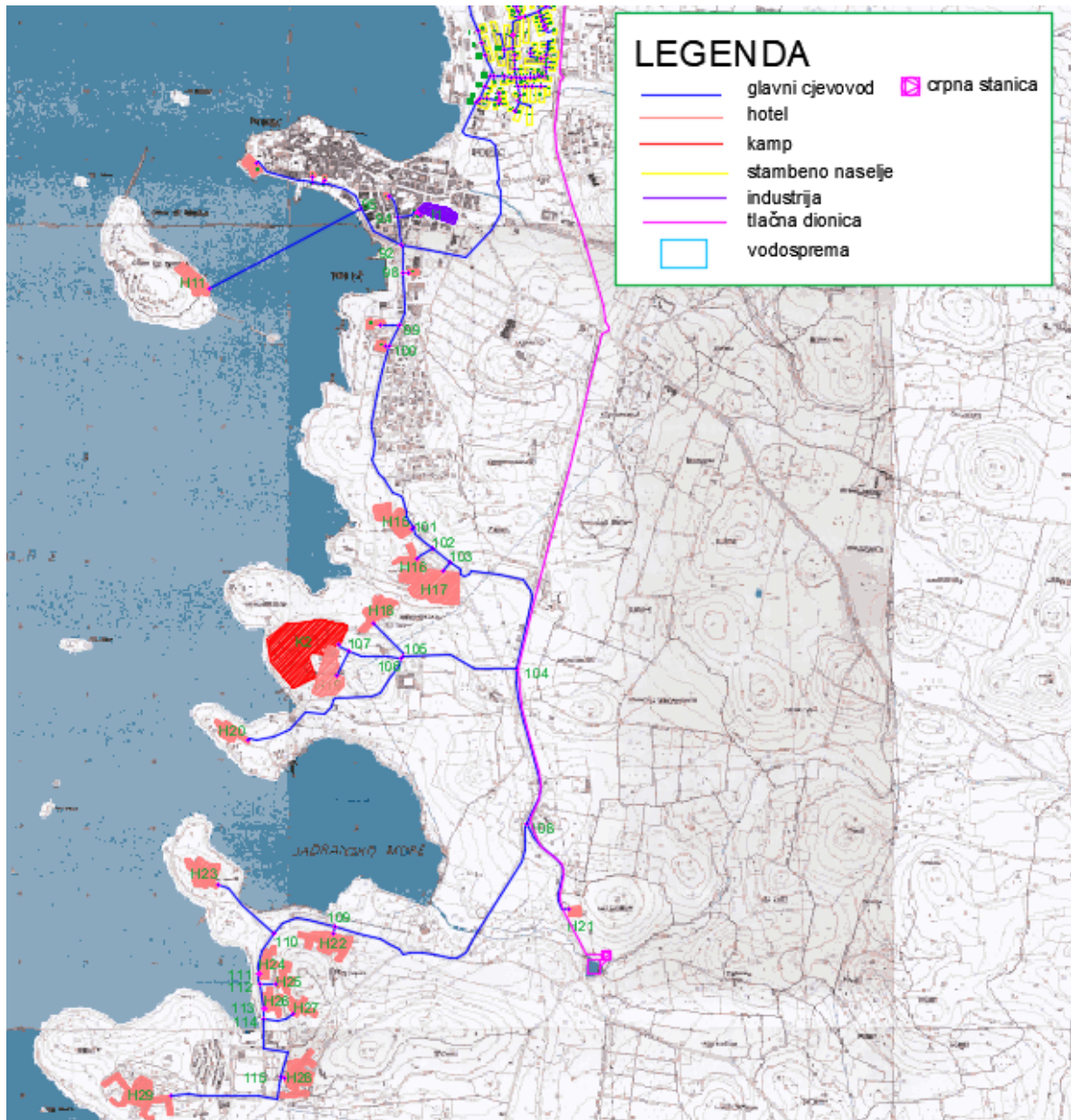
### 9.2.1 Varijanta 1 – crpno postrojenje CP1

Crpna stanica se u Varijanti 1 nalazi na koti 6 m n.m., te se u njezinoj blizini (60 m) nalazi izvorište (crpni spremnik) na koti 3,4 m n.m. iz kojeg crpi vodu. Voda se doprema do vodospreme V1 tlačnim lijevanoželjeznim cjevovodom promjera 800 mm i dužine 6297,20 m.

Crpna stanica sadrži sedam crpki od kojih je jedan rezervna, te svaka diže protok od 105 l/s na visinu od 72 m (Poglavlje 6.). Na slici 76. i 77. prikazan je položaj crpne stanice (CP1) za varijantu 1.



Slika 76. Položaj crpne stanice - Varijanta 1

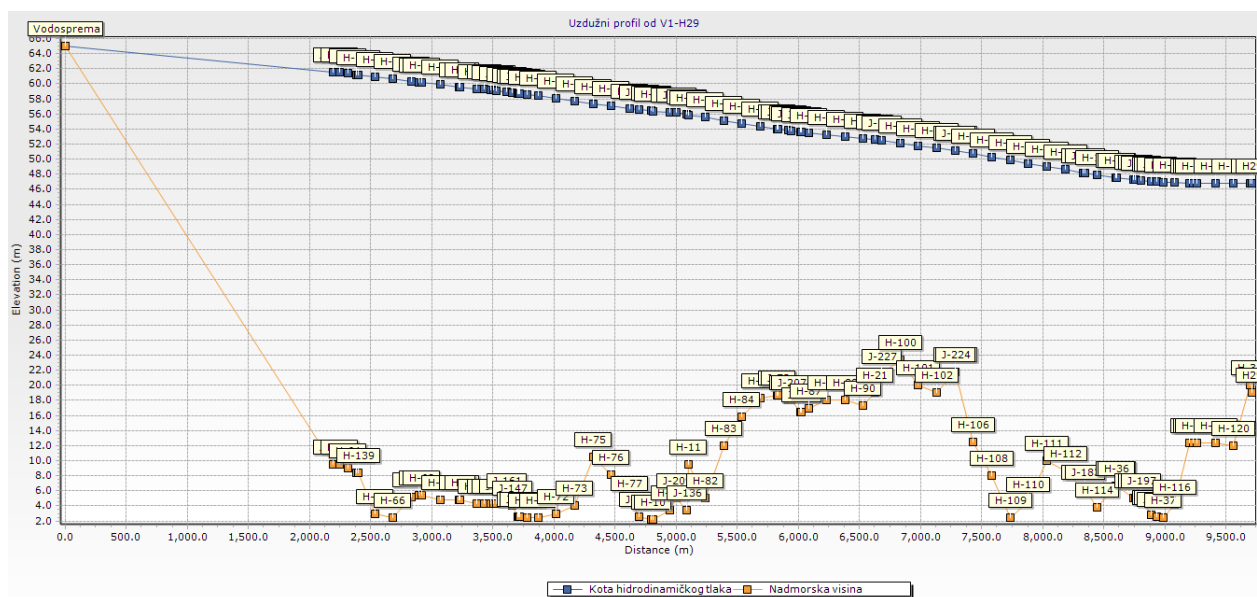


Slika 77. Položaj crpne stanice - Varijanta 1, nastavak

Proračunom su dobiveni jednaki protoci kao i u *Poglavlju 4* (Slika 78.). Također su dobivene jednake brzine i radni tlakovi kao u slučaju gravitacijskog dotoka vode u vodospremu (V1) što se može vidjeti uzdužnim profilom od vodospreme V1 do hotela H29 na slici 79. Razlika je samo u dionici koja povezuje glavnu vodospremu sa crpnom stanicom, odnosno, na toj se dionici sada javlja najveći protok (630,92 l/s).

Start Node	Stop Node	Diameter (mm)	Material	Hazen-Williams C	Has Check Valve?	Minor Loss Coefficient (Local)	Flow (L/s)	Velocity (m/s)
J-218	H-62	700.0	Ductile Iron	130.0	<input type="checkbox"/>	0.000	500.07	1.30
H-62	H-64	700.0	Ductile Iron	130.0	<input type="checkbox"/>	0.000	500.07	1.30
H-64	J-22	700.0	Ductile Iron	130.0	<input type="checkbox"/>	0.000	500.07	1.30
J-22	H-139	700.0	Ductile Iron	130.0	<input type="checkbox"/>	0.000	489.33	1.27
H-139	H-65	700.0	Ductile Iron	130.0	<input type="checkbox"/>	0.000	489.33	1.27
H-65	H-66	700.0	Ductile Iron	130.0	<input type="checkbox"/>	0.000	489.33	1.27
H-66	H-67	700.0	Ductile Iron	130.0	<input type="checkbox"/>	0.000	489.33	1.27
H-67	J-193	700.0	Ductile Iron	130.0	<input type="checkbox"/>	0.000	489.33	1.27
J-161	J-147	600.0	Ductile Iron	130.0	<input type="checkbox"/>	0.000	358.06	1.27
J-147	J-148	600.0	Ductile Iron	130.0	<input type="checkbox"/>	0.000	356.38	1.26
J-240	Vodosprema	800.0	Ductile Iron	130.0	<input type="checkbox"/>	0.000	630.92	1.26
J-148	H-137	600.0	Ductile Iron	130.0	<input type="checkbox"/>	0.000	349.59	1.24
H-137	J-116	600.0	Ductile Iron	130.0	<input type="checkbox"/>	0.000	349.59	1.24
J-116	H-14	600.0	Ductile Iron	130.0	<input type="checkbox"/>	0.000	348.80	1.23
H-14	H-71	600.0	Ductile Iron	130.0	<input type="checkbox"/>	0.000	348.80	1.23
H-71	H-72	600.0	Ductile Iron	130.0	<input type="checkbox"/>	0.000	348.80	1.23
H-72	H-73	600.0	Ductile Iron	130.0	<input type="checkbox"/>	0.000	348.80	1.23
H-73	H-75	600.0	Ductile Iron	130.0	<input type="checkbox"/>	0.000	348.80	1.23
H-75	H-76	600.0	Ductile Iron	130.0	<input type="checkbox"/>	0.000	348.80	1.23
H-76	H-77	600.0	Ductile Iron	130.0	<input type="checkbox"/>	0.000	348.80	1.23
H-77	J-214	600.0	Ductile Iron	130.0	<input type="checkbox"/>	0.000	348.80	1.23
J-209	J-136	500.0	Ductile Iron	130.0	<input type="checkbox"/>	0.000	242.05	1.23
Vodosprema	J-218	800.0	Ductile Iron	130.0	<input type="checkbox"/>	0.000	612.77	1.22

Slika 78. Prikaz dionica s najvećim brzinama toka vode – Varijanta 1



Slika 79. Uzdužni profil za dionicu od glavne vodospreme V1 do hotela H29 – Varijanta 1

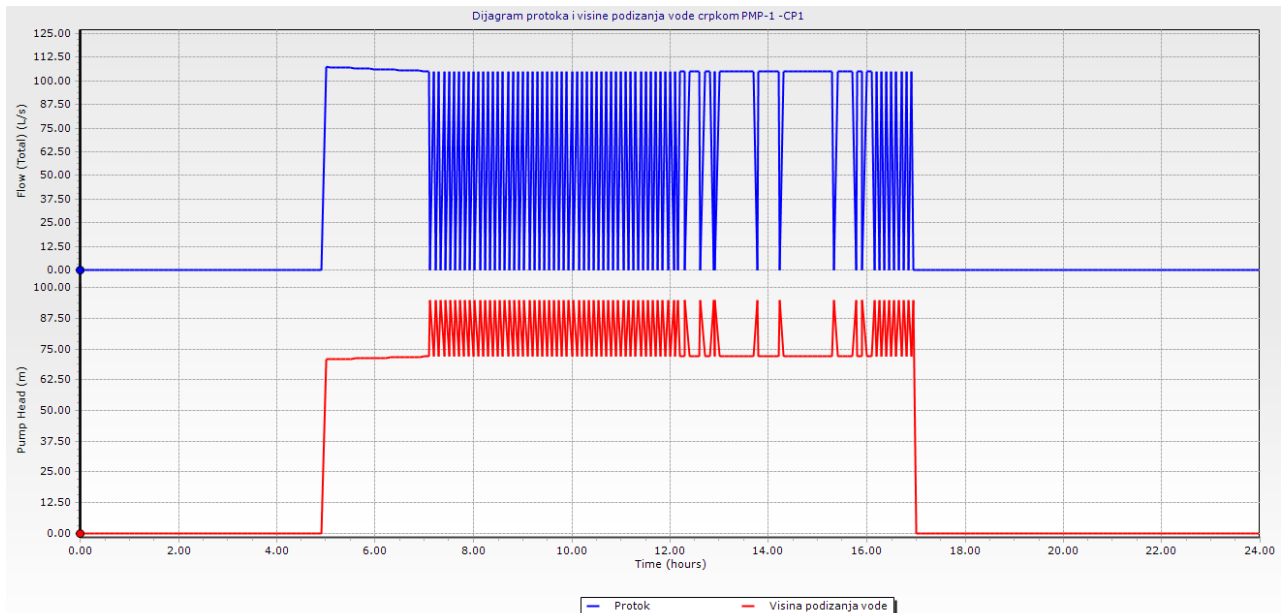
Na slici 80., prikazane su karakteristike crpki. Svaka crpka diže protok od 105,15 l/s na visinu od 71,92 m. Kao što se može vidjeti rezultati su došli nešto malo drugačiji u odnosu na proračun iz *Poglavlja 6*. Razlog tome jest taj što WaterCAD V8i računalni program uzima u obzir linijske i lokalne gubitke za dani cijevni vodoopskrbni sustav.



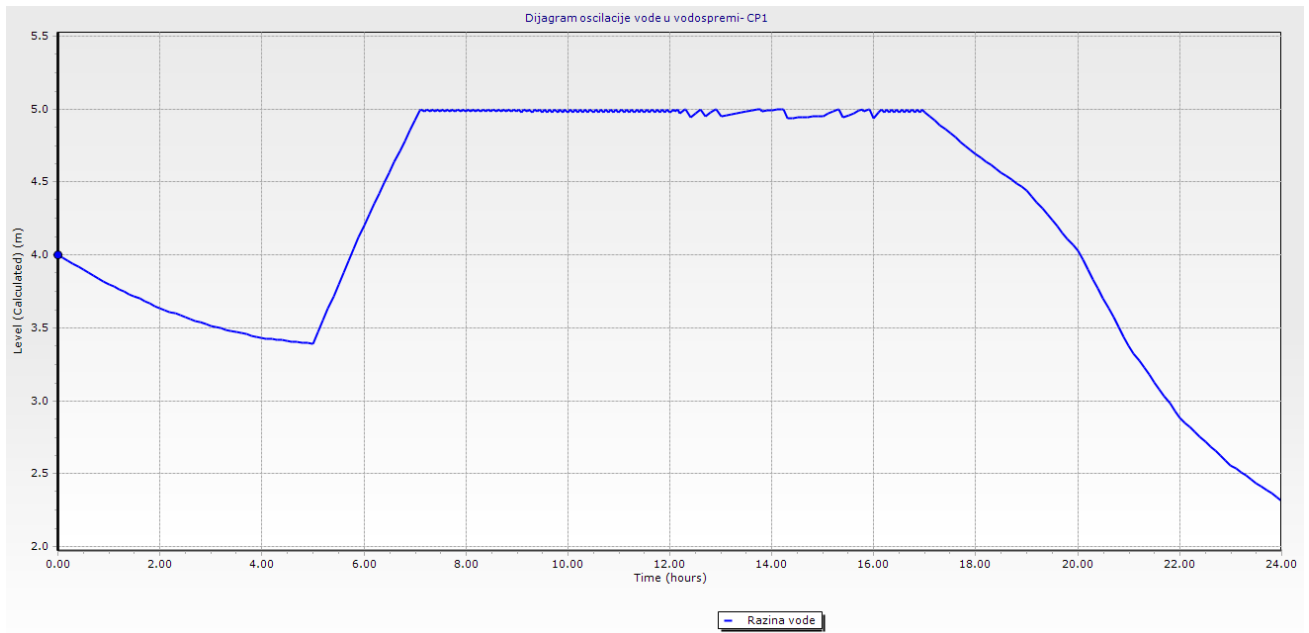
FlexTable: Pump Table (Current Time: 14.000 hours) (Diplomski rad.wtg)									
ID	Label	Elevation (m)	Pump Definition	Status (Initial)	Hydraulic Grade (Suction) (m)	Hydraulic Grade (Discharge) (m)	Flow (Total) (L/s)	Pump Head (m)	
1100: PMP-1	1100 PMP-1	6.0	Pump	On	3.4	75.3	105.15	71.92	
1101: PMP-2	1101 PMP-2	6.0	Pump	On	3.4	75.3	105.15	71.92	
1102: PMP-3	1102 PMP-3	6.0	Pump	On	3.4	75.3	105.15	71.92	
1103: PMP-4	1103 PMP-4	6.0	Pump	On	3.4	75.3	105.15	71.92	
1104: PMP-5	1104 PMP-5	6.0	Pump	On	3.4	75.3	105.15	71.92	
1105: PMP-6	1105 PMP-6	6.0	Pump	On	3.4	75.3	105.15	71.92	
1106: PMP-7	1106 PMP-7	6.0	Pump	Off	3.4	75.3	0.00	0.00	

Slika 80. Protok i visina podizanja vode crpkom PMP-1 – Varijanta 1

Promatrajući sljedeće dijagrame (Slika 81. i Slika 82.), može se vidjeti kako pumpe rade u periodu od 5 do 17 h, što je dvanaest sati tijekom dana. Do 5 h razina vode u vodnoj komori glavne vodospreme opada, nakon što se pumpe uključe ona se postepeno povećava do maksimalne razine od 5 m, te u periodu rada pumpi ta se razina vode održava. Nakon prestanka rada pumpi (u 17 h) dolazi do pada razine vode u vodnoj komori glavne vodospreme do ponovnog pokretanja pumpi.



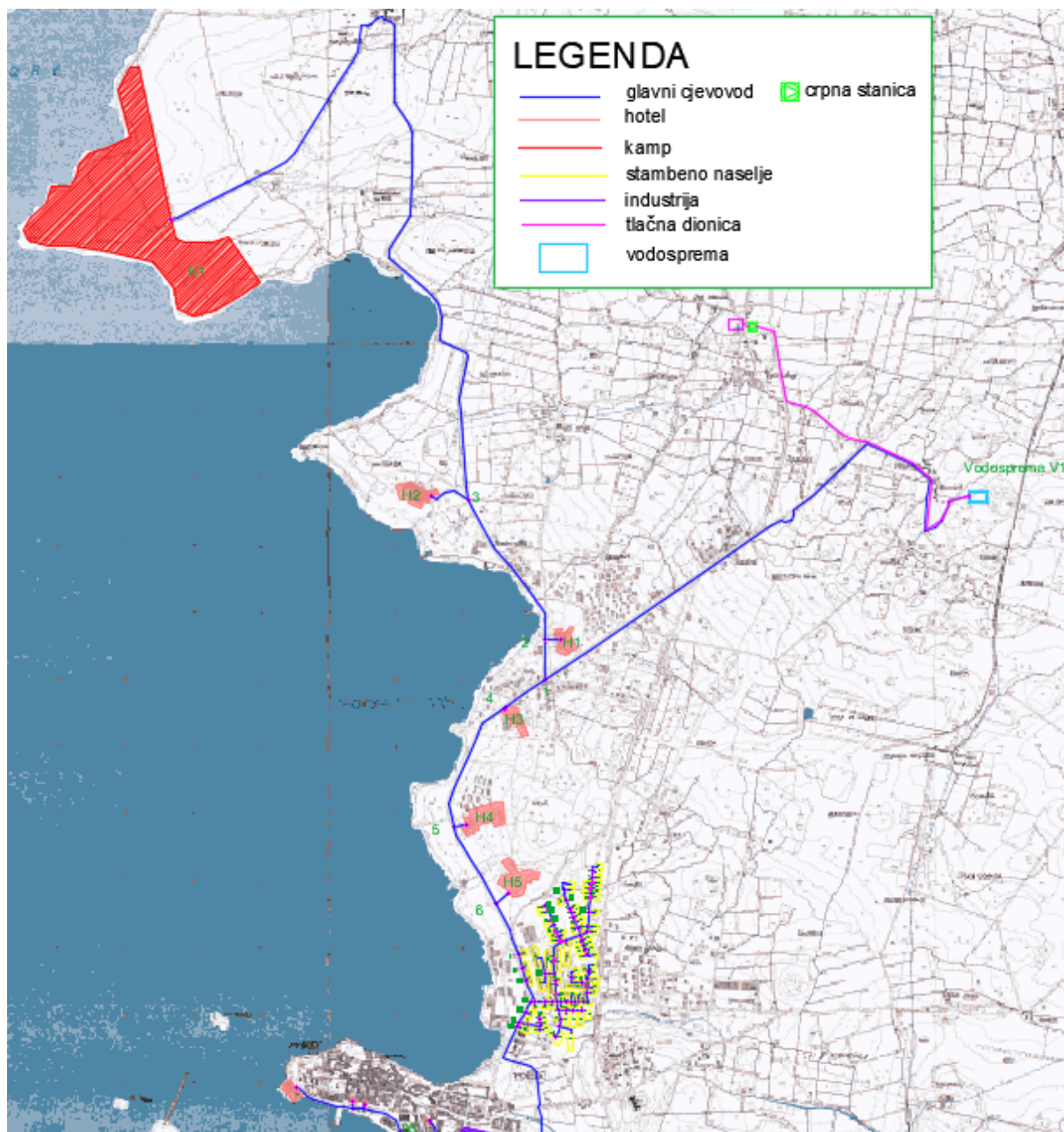
Slika 81. Dijagram protoka i visine podizanja vode u vodnoj komori vodospreme crpkom PMP-1 – Varijanta 1



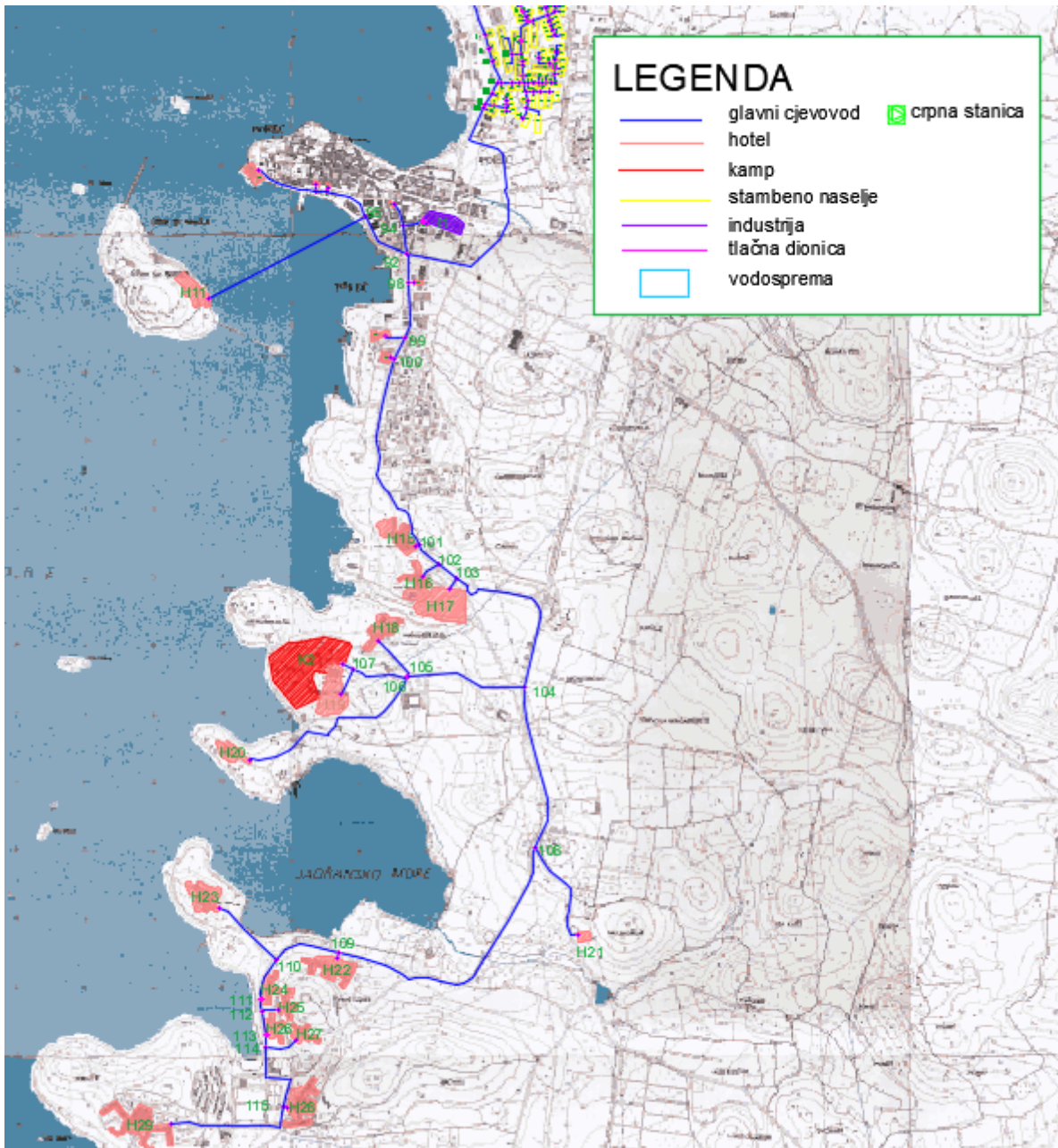
Slika 82. Dijagram oscilacije razine vode u vodnoj komori glavne vodospreme – Varijanta 1

### 9.2.2 Varijanta 2 – crpno postrojenje CP2

Crpna stanica se u Varijanti 2 nalazi na koti od 38,8 m n.m. te crpi vodu iz izvorišta koje se nalazi na udaljenosti od 16,88 m na koti 35,5 m n.m. Voda se lijevanoželjeznim cjevovodom promjera 800 mm i dužine 1364,08 m doprema do vodne komore glavne vodospreme V1. Crpna stanica se sastoji od 7 crpki, od kojih jedna ne radi, te služi kao rezervna. Svaka crpka diže protok od 105 l/s na visinu od 32 m (*Poglavlje 6.*). Na slici 83. i 84. prikazan je položaj crpne stanice (CP2) za Varijantu 2.



Slika 83. Položaj crpne stanice - Varijanta 2



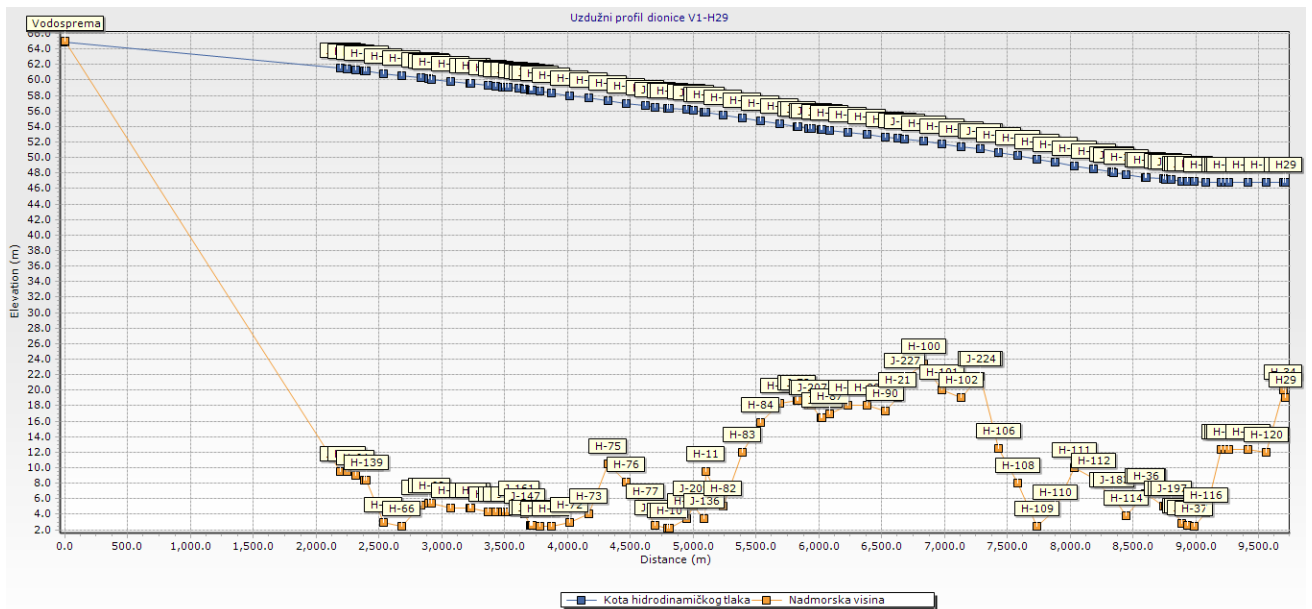
Slika 84. Položaj crpne stanice - Varijanta 2, nastavak

Na slici 85. prikazane su dionice s najvećim brzinama toka vode za Varijantu 2. Iz priloženog se može vidjeti kako su brzine toka vode i protoci jednaki kao i za Varijantu 1, osim dionice crpna stanica – vodosprema u kojoj se javilo manje odstupanje (632,97 l/s). Najveća brzina toka vode i dalje iznosi 1,3 m/s, a najmanja 0,01 m/s.

Start Node	Stop Node	Diameter (mm)	Material	Hazen-Williams C	Has Check Valve?	Minor Loss Coefficient (Local)	Flow (L/s)	Velocity (m/s)
J-218	H-62	700.0	Ductile Iron	130.0	<input type="checkbox"/>	0.000	500.07	1.30
H-62	H-64	700.0	Ductile Iron	130.0	<input type="checkbox"/>	0.000	500.07	1.30
H-64	J-22	700.0	Ductile Iron	130.0	<input type="checkbox"/>	0.000	500.07	1.30
J-22	H-139	700.0	Ductile Iron	130.0	<input type="checkbox"/>	0.000	489.33	1.27
H-139	H-65	700.0	Ductile Iron	130.0	<input type="checkbox"/>	0.000	489.33	1.27
H-65	H-66	700.0	Ductile Iron	130.0	<input type="checkbox"/>	0.000	489.33	1.27
H-66	H-67	700.0	Ductile Iron	130.0	<input type="checkbox"/>	0.000	489.33	1.27
H-67	J-193	700.0	Ductile Iron	130.0	<input type="checkbox"/>	0.000	489.33	1.27
J-161	J-147	600.0	Ductile Iron	130.0	<input type="checkbox"/>	0.000	358.06	1.27
J-147	J-148	600.0	Ductile Iron	130.0	<input type="checkbox"/>	0.000	356.38	1.26
J-245	Vodosprema	800.0	Ductile Iron	130.0	<input type="checkbox"/>	0.000	632.97	1.26
J-148	H-137	600.0	Ductile Iron	130.0	<input type="checkbox"/>	0.000	349.59	1.24
H-137	J-116	600.0	Ductile Iron	130.0	<input type="checkbox"/>	0.000	349.59	1.24
J-116	H-14	600.0	Ductile Iron	130.0	<input type="checkbox"/>	0.000	348.80	1.23
H-14	H-71	600.0	Ductile Iron	130.0	<input type="checkbox"/>	0.000	348.80	1.23
H-71	H-72	600.0	Ductile Iron	130.0	<input type="checkbox"/>	0.000	348.80	1.23
H-72	H-73	600.0	Ductile Iron	130.0	<input type="checkbox"/>	0.000	348.80	1.23
H-73	H-75	600.0	Ductile Iron	130.0	<input type="checkbox"/>	0.000	348.80	1.23
H-75	H-76	600.0	Ductile Iron	130.0	<input type="checkbox"/>	0.000	348.80	1.23
H-76	H-77	600.0	Ductile Iron	130.0	<input type="checkbox"/>	0.000	348.80	1.23
H-77	J-214	600.0	Ductile Iron	130.0	<input type="checkbox"/>	0.000	348.80	1.23
J-209	J-136	500.0	Ductile Iron	130.0	<input type="checkbox"/>	0.000	242.05	1.23
Vodosprema	J-218	800.0	Ductile Iron	130.0	<input type="checkbox"/>	0.000	612.77	1.22

Slika 85. Prikaz dionica s najvećim brzinama toka vode - Varijanta 2

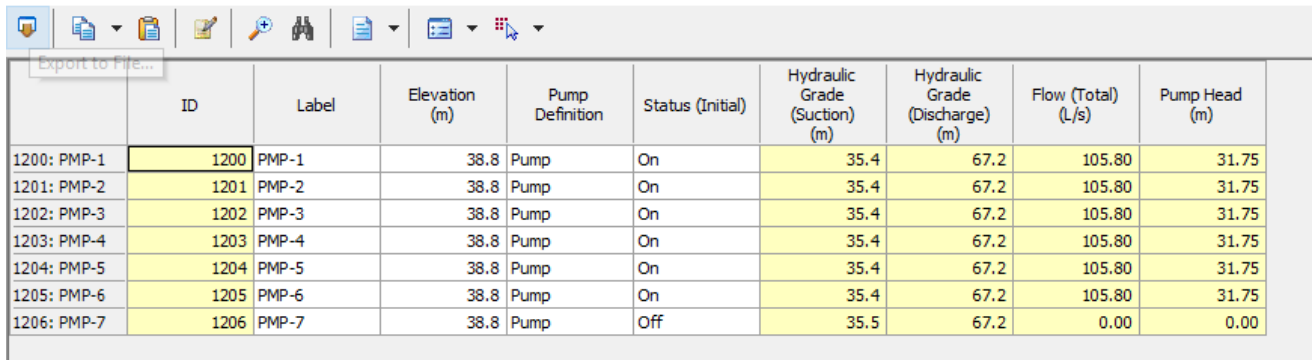
Na slici 86. prikazan je uzdužni profil za dionicu od glavne vodospreme V1 do hotela H29. Iz priloženog se može vidjeti kako se poklapa s profilom dobivenim u Varijanti 1.



Slika 86. Uzdužni profil za dionicu od glavne vodospreme V1 do hotela H29 – Varijanta 2

Zbog zadavanja drukčijih parametara crpki u odnosu na Varijantu 1, došlo je do promjene u karakteristikama crpki. Na slici 87. prikazani su dobiveni protoci i visine podizanja vode za svaku crpku. Može se vidjeti kako je došlo do manjih promjena u protocima u odnosu na Varijantu 1, ali kao što je i rečeno, razlog tome su gubici koje WaterCad V8i računalni program sam uračunava.

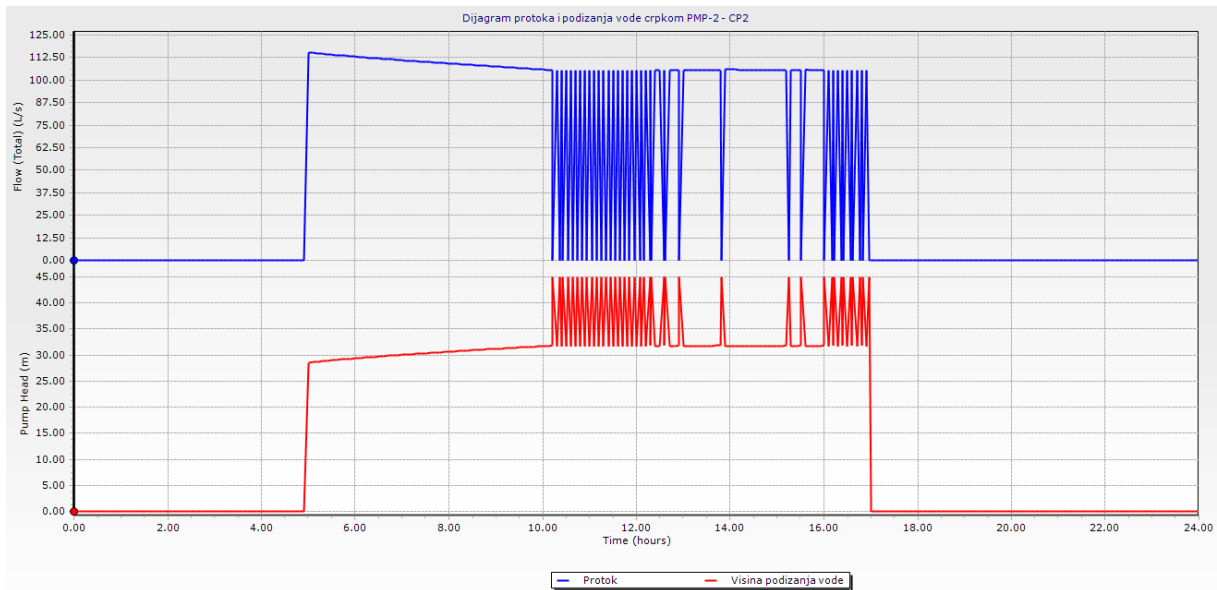
FlexTable: Pump Table (Current Time: 14.000 hours) (Diplomski rad.wtg)



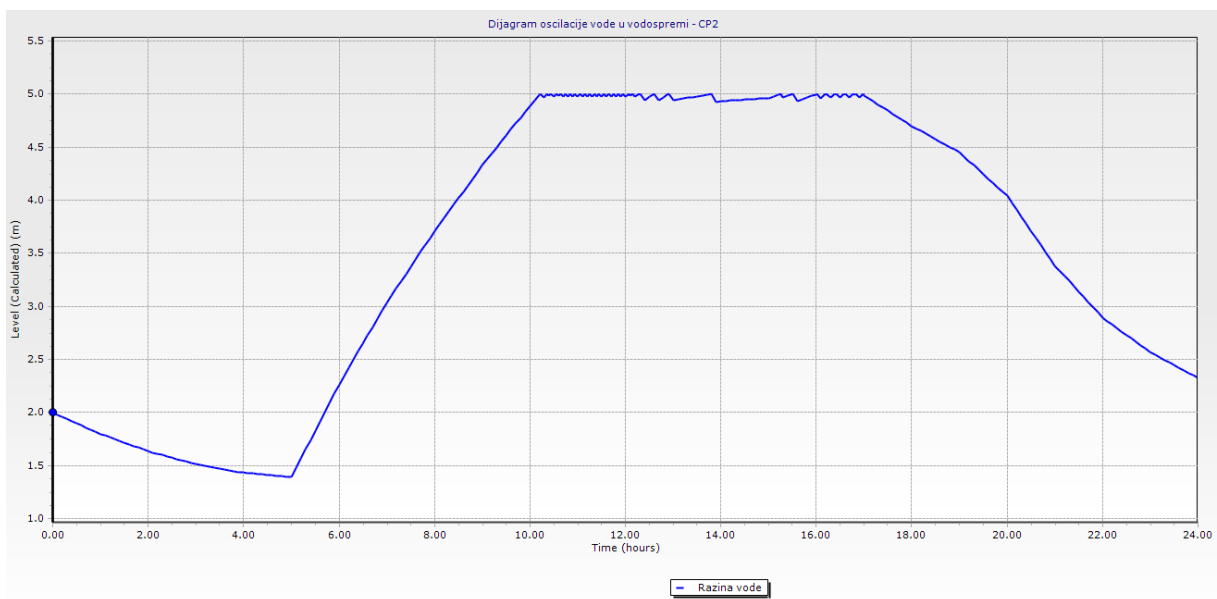
ID	Label	Elevation (m)	Pump Definition	Status (Initial)	Hydraulic Grade (Suction) (m)	Hydraulic Grade (Discharge) (m)	Flow (Total) (L/s)	Pump Head (m)
1200: PMP-1	1200 PMP-1	38.8	Pump	On	35.4	67.2	105.80	31.75
1201: PMP-2	1201 PMP-2	38.8	Pump	On	35.4	67.2	105.80	31.75
1202: PMP-3	1202 PMP-3	38.8	Pump	On	35.4	67.2	105.80	31.75
1203: PMP-4	1203 PMP-4	38.8	Pump	On	35.4	67.2	105.80	31.75
1204: PMP-5	1204 PMP-5	38.8	Pump	On	35.4	67.2	105.80	31.75
1205: PMP-6	1205 PMP-6	38.8	Pump	On	35.4	67.2	105.80	31.75
1206: PMP-7	1206 PMP-7	38.8	Pump	Off	35.5	67.2	0.00	0.00

Slika 87. Prikaz protoka i visine podizanja vode crpkom PMP-1 – Varijanta 2

U usporedbi s Varijantom 1, kod Varijante 2 može se vidjeti kako vodospremi treba nešto dulje vremena da se napuni do svoje maksimalne razine vode od 5 m. Također u vrijeme uključivanja crpki visina podizanja razine vode nešto je manja od 32 m zbog čega je protok veći od 105 l/s, no kad se vodosprema napuni, visina podizanja razine vode i protok dođu na vrijednosti koje su zadane kod definiranja crpki. Na slici 88. prikazan je dijagram protoka i visine podizanja razine vode za crpku PMP-1, a na slici 89. je prikazana oscilacija razine vode u vodnoj komori glavne vodospreme tijekom dana.



Slika 88. Dijagram protoka i visine podizanja razine vode crpkom PMP-1 – Varijanta 2



Slika 89. Dijagram oscilacije razine vode u vodnoj komori glavne vodospreme – Varijanta 2

## 10. PRIMJENA URBANO HYDRA RAČUNALNOG PROGRAMA

### 10.1 Općenito o Urbano Hydra računalnom programu

Urbano Hydra jest računalni program za projektiranje, proračun te analizu vodoopskrbnih sustava, koji se temelji na AutoCAD-ovom grafičkom sučelju. Osnovala ga je tvrtka StudioARS iz Rijeke (sa sjedištem u Matuljima) koja se bavi primjenom informatičke tehnologije u inženjerstvu. Ono što taj računalni program nudi jest stvaranje kompletnog dizajna sustava distribucije vode, počevši od zadavanja mreže, izrade uzdužnih i poprečnih presjeka vodoopskrbnih sustava ili pojedinih dionica, sve do same hidrauličke analize i izrade montažnih planova čvorišta. Urbano programski paket osim Hydre sadrži i ostale programe poput [22]:

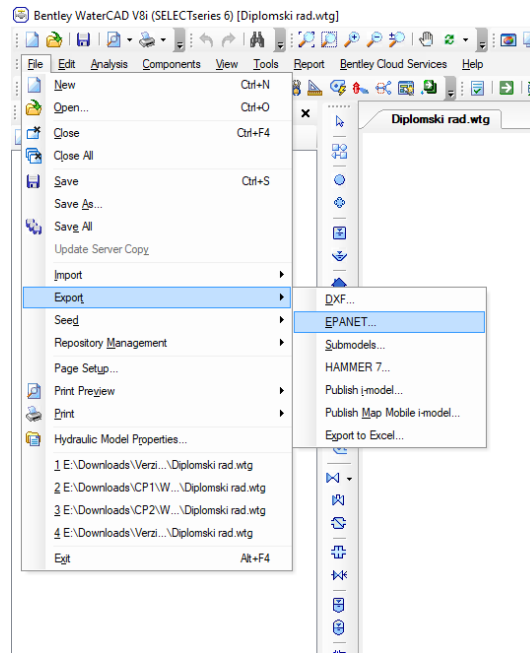
- **Urbano Canalis** – softver za projektiranje, proračun te analizu oborinskih i otpadnih voda
- **Urbano Polygon** – alat za stvaranje, uređivanje te analizu poligonskih topologija
- **Urbano Raster i Vector** – rješenje za bolju produktivnost kod rada s podlogama u rasterskom i vektorskom formatu
- **Urbano Geo** – alat za obradu geodetskih podataka
- **Urbano Data** – alat za uvoz te izvoz prema GIS sustavu i AutoCAD Civil 3D programu.

Računalni program je dostupan na više jezika, te se koristi u više od 20 država što je potvrda da se radi o jednom kvalitetnom i korisnom računalnom programu [22].

### 10.2 Dimenzioniranje vodoopskrbnog sustava u Urbano Hydra programu

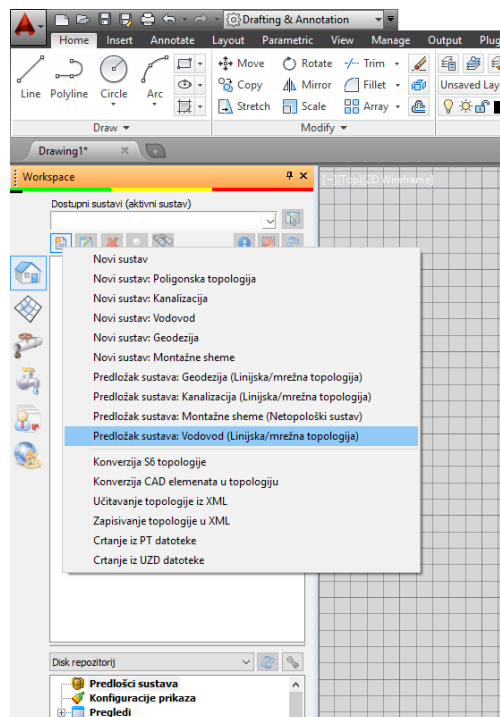
Dimenzioniranje vodoopskrbnog sustava u Urbano Hydra računalnom programu provodi se direktno unutar samog programa ili uvođenjem iz AutoCAD-a i drugih sličnih programa za grafičku obradu. Za potrebe ovog diplomskog rada u Urbano Hydri se uveo postojeći vodoopskrbni sustav koji je napravljen u WaterCAD V8i računalnom programu. Kako bi se to moglo izvesti, potrebno je WaterCAD V8i datoteku spremi u obliku datoteke s nastavkom „.inp“. Taj je postupak prikazan na slici 90.





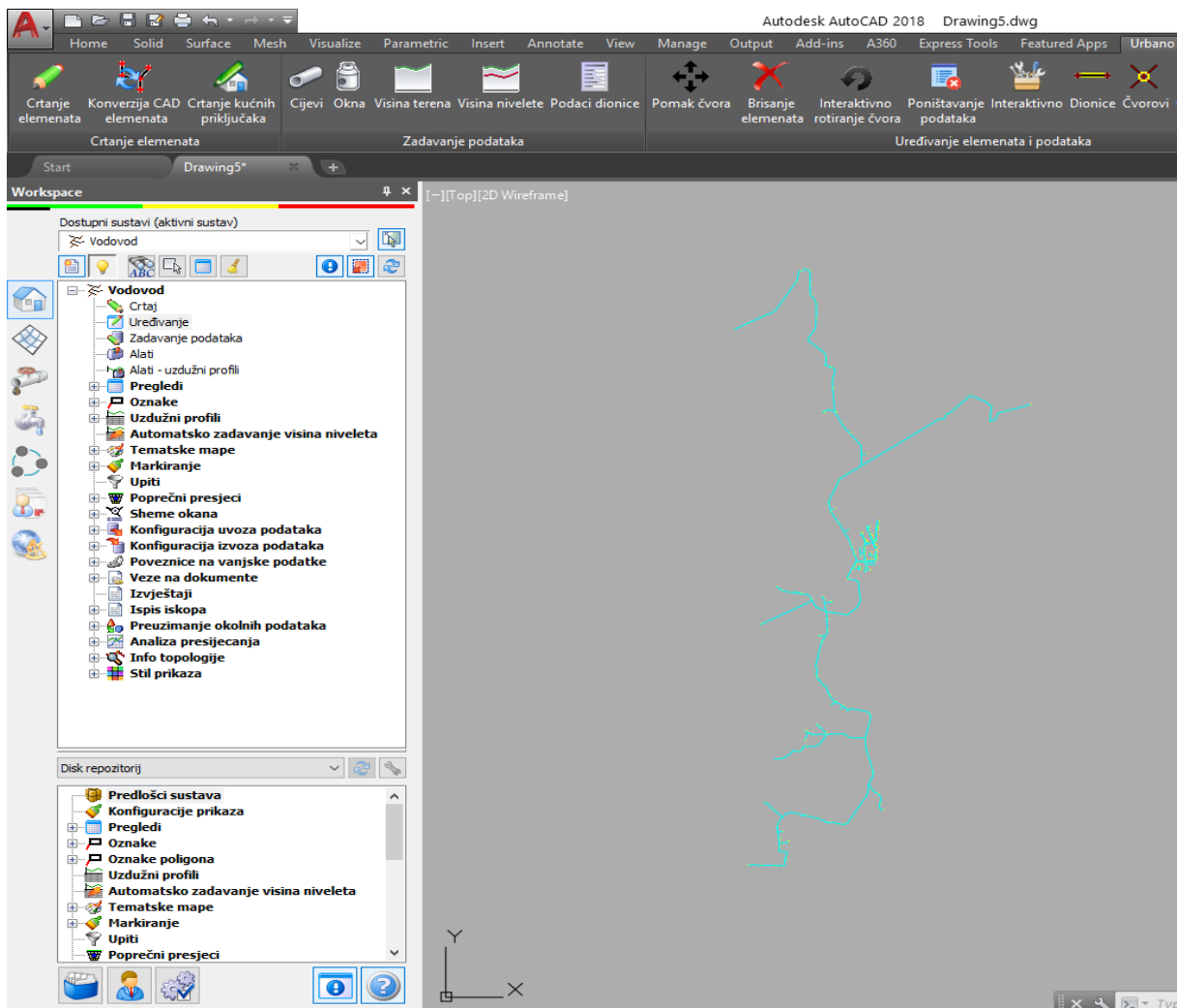
Slika 90. Spremanje datoteke unutar WaterCAD V8i računalnog programa

Prije nego što se unese željena datoteka, u Urbano Hydra računalnom programu potrebno je odabrati odgovarajući sustav. U ovom se slučaju odabire ponuđeni predložak: „Vodovod (Linijaska-mrežna topologija)“ (Slika 91.).



Slika 91. Kreiranje novog sustava unutar Urbano Hydra računalnog programa

Nakon što je definiran novi vodoopskrbni sustav, pomoću naredbe ARS\_IMPORT\_INP otvara se novi prozor koji omogućuje odabir željene datoteke u „inp“ obliku. Na slici 92. prikazan je odabrani vodoopskrbni sustav (Varijanta 1) dobiven unutar Urbano Hydra programa (*Prilog 3.1*).



Slika 92. Prikaz vodoopskrbnog sustava unutar Urbano Hydra računalnog programa - gravitacijski dotok (Varijanta 1)

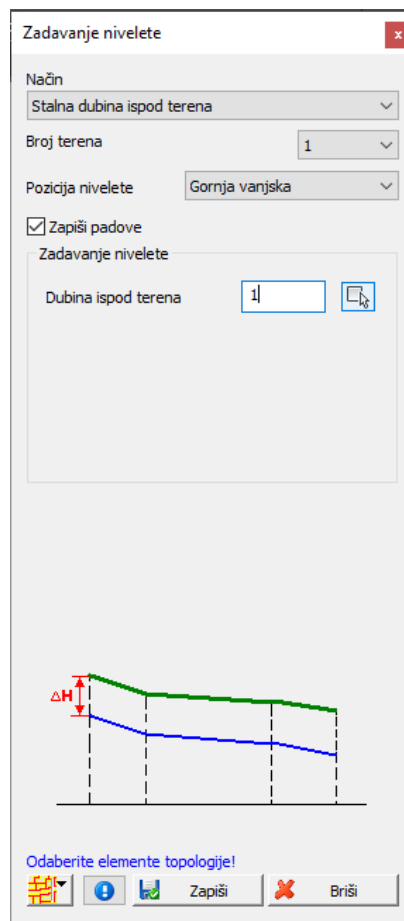
### 10.3 Zadavanje podataka unutar Urbano Hydra računalnog programa

Urbano Hydra računalni program omogućuje i prijenos svih elemenata zadanih u programu WaterCAD V8i, pa tako nije potrebno ponovno definirati vodospreme, crpke, vodocrpilišta, promjere i dužine cijevi, nadmorske visine, potrošnju vode i slično. Ono što Urbano Hydra program dodatno nudi jest zadavanje visine terena, visine nivelete, padova cijevi, rovova,

gornjih slojeva ispune materijala, dodatnih podataka mreže i drugo. Neki su od tih postupaka prikazani u nastavku.

### 10.3.1 Zadavanje nivelete cijevi

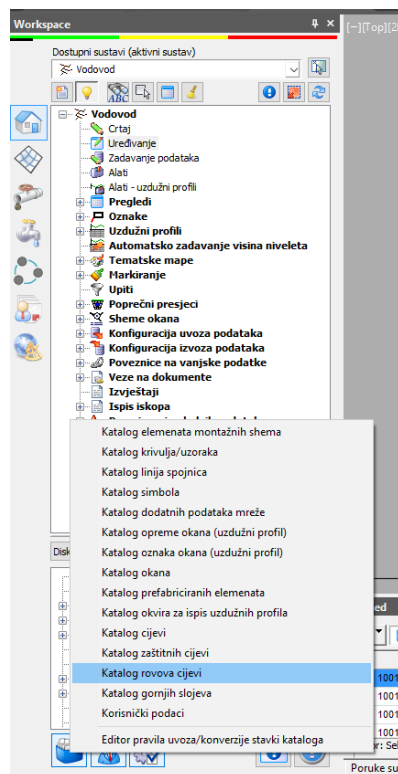
Definiranje nivelete cijevi potrebno je radi predviđanja broja i položaja zračnih ventila i muljnih ispusta. Zračni ventili se najčešće postavljaju na najvišim mjestima u vodoopskrbnoj mreži, a muljni ispusti na najnižim mjestima. Zadavanje nivelete u Urbano Hydra računalnom programu provodi se unutar „Zadavanje podataka“ te odabirom „Visina nivelete“. Najčešće se kod projektiranja vodoopskrbnih sustava postavlja niveleta cijevi sa stalnom dubinom, te se po potrebi mijenja. Za potrebe ovog diplomskog rada, niveleta cijevi se postavlja na stalnu dubinu od 1 m mjerenu od gornjeg vanjskog ruba cijevi (Slika 93.).



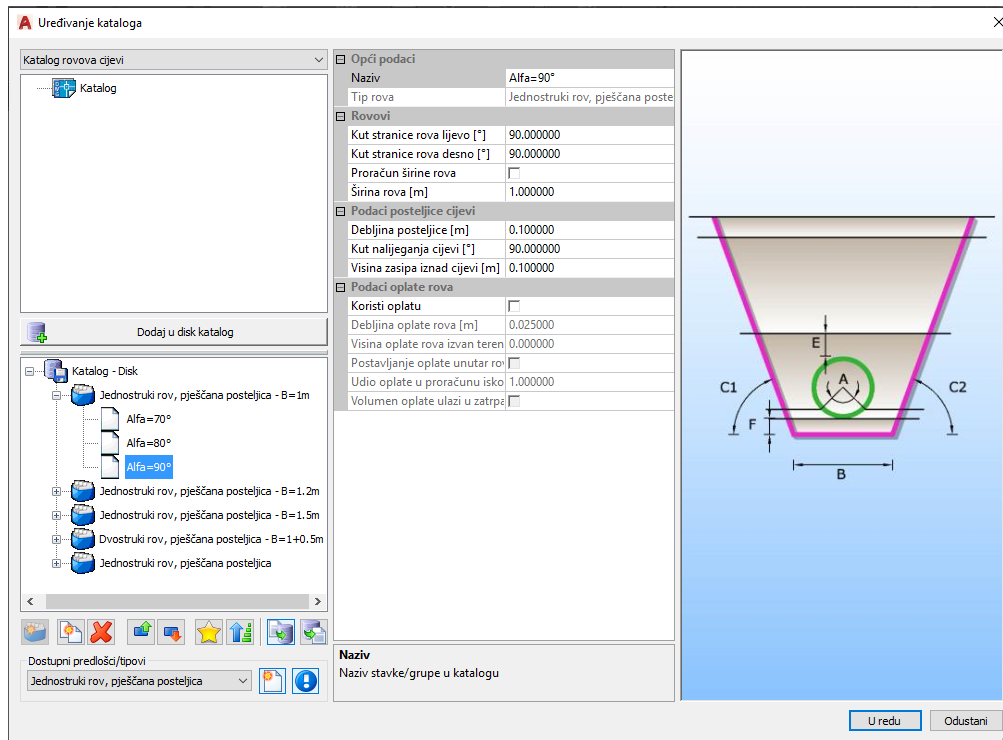
Slika 93. Zadavanje visine nivelete cijevi unutar Urbano Hydra računalnog programa

### 10.3.2 Zadavanje rova cijevi

Računalni program Urbano Hydra nudi zadavanje raznih vrsta trapezoidnih rovova. Unutar samog kataloga, program nudi dvije vrste rova, jednostruki i dvostruki s različitim debljinama i materijalima posteljice, te kutevima bočnih stranica. Ove se postavke namještaju unutar „Uređenje kataloga“ te odabirom „Katalog rovova cijevi“ (Slika 94. i 95.).

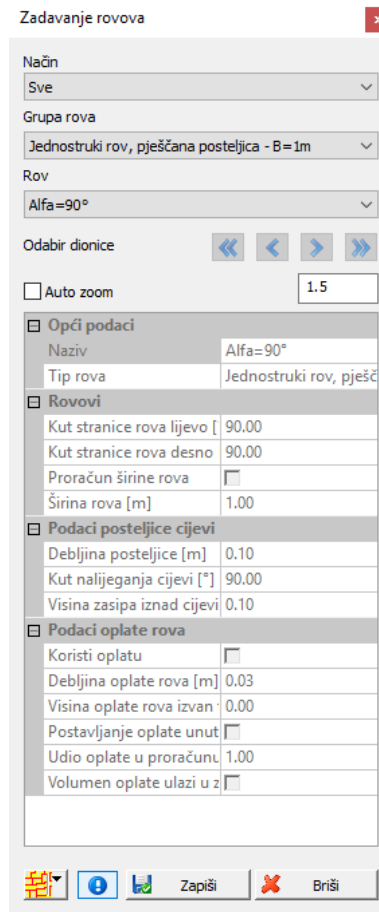


Slika 94. Zadavanje rovova cijevi unutar računalnog programa Urbano Hydra



Slika 95. Katalog rovova cijevi u računalnom programu Urbano Hydra

Odabran je jednostruki rov s pješčanom posteljicom debljine 1 m, te s bočnim stranama pod kutem od  $90^\circ$ . Ovi su podaci definirani unutar izbornika „Zadavanje podataka“ te odabirom „Rovovi“ (Slika 96.). Ovaj tip rova primjenjen je na cijelo područje, odnosno cijeli vodoopskrbni sustav.

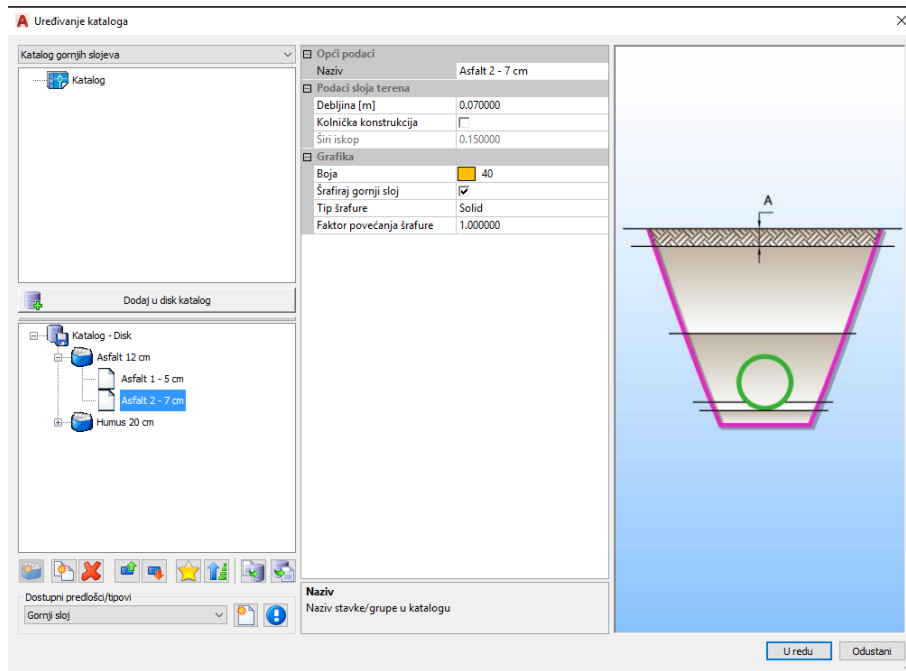


Slika 96. Zadavanje rovova u računalnom programu Urbano Hydra

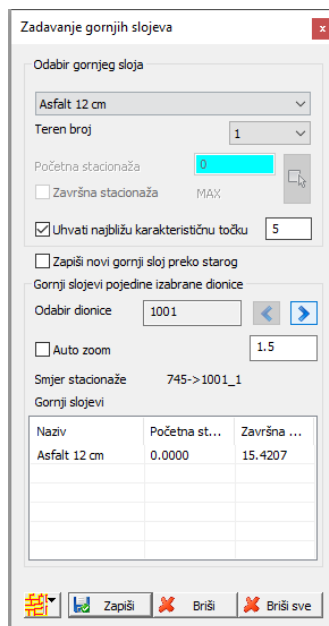
### 10.3.3 Zadavanje gornjih slojeva rova

Na sličan način definiraju se i gornji (završni) slojevi rova. Unutar kataloga gornjih slojeva rova nude se slojevi za asfalt i humus (Slika 97.).

Zadavanje gornjih slojeva vrši se u izborniku „Zadavanje podataka“ odabirom „Zadavanje gornjih slojeva“. S obzirom da su cjevovodi postavljeni duž prometnice, kao završni sloj odabire se sloj asfalta od 12 cm (Slika 98.).



Slika 97. Katalog gornjih slojeva rova u računalnom programu Urbano Hydra



Slika 98. Zadavanje gornjih slojeva rova u računalnom programu Urbano Hydra

## 10.4 Hidraulički proračun unutar Urbano Hydra programa

Urbano Hydra računalni program za hidrauličke proračune koristi Epanet, pa se za proračun uzima jedno određeno vrijeme. S obzirom da su rezultati unutar WaterCAD V8i programa

prikazani za vrijeme maksimalne satne potrošnje, u Urbano Hydra računalnom programu proračun se provodi za to vrijeme (14 h) radi lakše usporedbe rezultata. Hidraulički proračun u Urbano Hydra programu se provodi unutar „Hydra“ izbornika, koji nudi definiranje potrebe za vodom i analizu scenarija, optimizaciju cijevi, provjeru podataka za proračun te provođenje hidrauličkog proračuna. Unutar Urbano Hydra programa formiraju se nove dionice. Nove dionice se javljaju zbog toga što WaterCAD V8i program koristi „vertexe“ koje Urbano Hydra ne može prepoznati, zbog čega se javljaju nevidljivi čvorovi.

Hidraulički proračun unutar Urbano Hydra programa prikazan je u nastavku za gravitacijski dotok (Varijanta 1) i za dotok vode crpljenjem (Varijanta 2).

#### 10.4.1 Gravitacijski dotok – Varijanta 1

Provedenim hidrauličkim proračunom unutar Urbano Hydra programa dobiveni su rezultati jednaki kao i u WaterCAD V8i programu. Maksimalna brzina iznosi 1,3 m/s, dok je maksimalni protok 612,77 l/s, zbog čega možemo potvrditi da se radi o jednakim rezultatima. Na slici 99. prikazano je deset dionica s najvećim brzinama toka vode.

Naziv	N1	N2	L [m]	Din [mm]	Q [l/s]	▼v [m/s]	hL [m]
871	450	720	47.50	700.00	500.07	1.30	0.10
873	720	873_1	49.06	700.00	500.07	1.30	0.10
873_1	873_1	722	20.94	700.00	500.07	1.30	0.04
874	722	63	70.00	700.00	500.07	1.30	0.14
875	63	797	14.31	700.00	489.33	1.27	0.03
877	797	877_1	84.07	700.00	489.33	1.27	0.16
877_1	877_1	723	51.62	700.00	489.33	1.27	0.10
879	723	879_1	7.26	700.00	489.33	1.27	0.01
879_1	879_1	879_2	50.78	700.00	489.33	1.27	0.10
879_2	879_2	724	91.96	700.00	489.33	1.27	0.18

Slika 99. Hidraulički proračun za gravitacijski dotok vode u glavnu vodospremu (Varijanta 1)

#### 10.4.2 Dotok vode crpljenjem – Varijanta 2

Hidrauličkim proračunom dobiveni su jednaki rezultati kao i u programu WaterCAD V8i zbog istih ulaznih parametara. Maksimalna brzina iznosi 1,3 m/s, a maksimalni protok ostaje 612,77 l/s, sve isto kao i u prethodnom poglavlju. Na slici 100. prikazan je hidraulički proračun za deset dionica s najvećim brzinama toka vode.

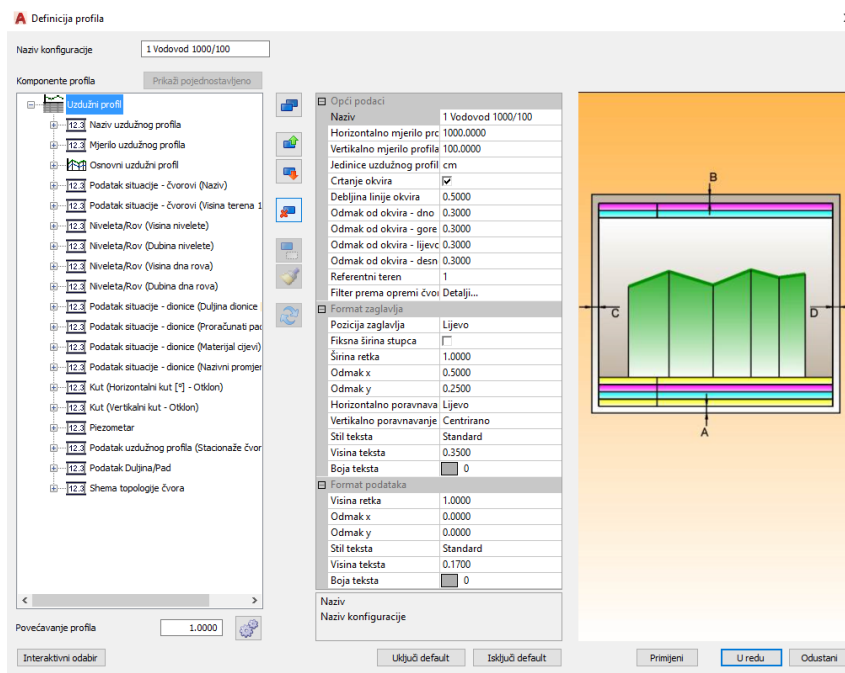


Naziv	N1	N2	L [m]	Din [mm]	Q [l/s]	▼v [m/s]	hL [m]
871	450	720	47.50	700.00	500.07	1.30	0.10
873	720	873_1	49.06	700.00	500.07	1.30	0.10
873_1	873_1	722	20.94	700.00	500.07	1.30	0.04
874	722	63	70.00	700.00	500.07	1.30	0.14
881_1	881_1	881_2	45.51	700.00	489.33	1.27	0.09
881_2	881_2	881_3	19.86	700.00	489.33	1.27	0.04
881_3	881_3	725	26.00	700.00	489.33	1.27	0.05
882	725	392	59.14	700.00	489.33	1.27	0.12
875	63	797	14.31	700.00	489.33	1.27	0.03
877	797	877_1	84.07	700.00	489.33	1.27	0.16

Slika 100. Hidraulički proračun za dotok vode crpljenjem u glavnu vodospremu (Varijanta 2)

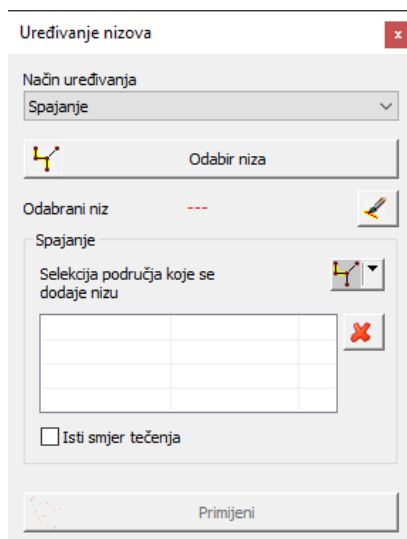
## 10.5 Uzdužni profili

Unutar Urbano Hydra računalnog programa, uzdužni se profili dobivaju na vrlo brz i jednostavan način. Mogu se odabrati razne komponente uzdužnog profila koje se želi prikazati. Definiranje izgleda profila provodi se unutar opcije „Uređivanje konfiguracije“, što je prikazano na slici 101.



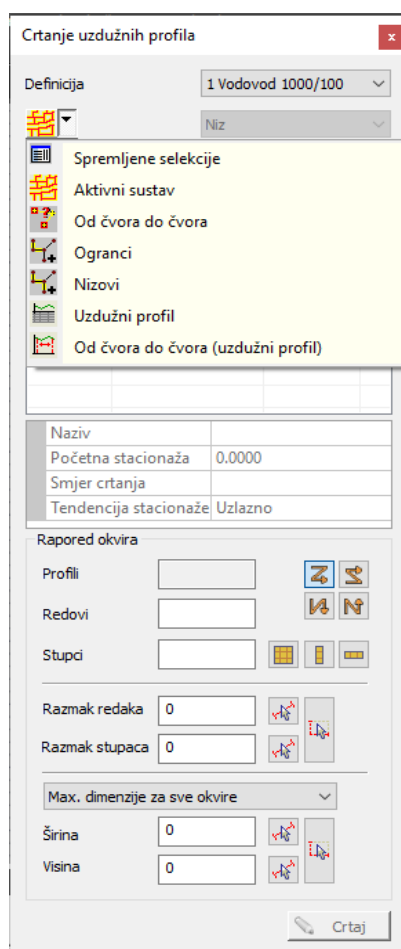
Slika 101. Uređivanje konfiguracije profila unutar Urbano Hydra računalnog programa

Crtaње uzdužnih profila provodi se odabirom čvorova željenih dionica ili preko nizova koje je potrebno prethodno definirati. Nizovi se definiraju unutar „Uređivanje nizova“, kao što je prikazano na slici 102. Ukoliko je odabrano „Spajanje“, označavaju se dionice koje žele biti pridružene određenom nizu.



Slika 102. Uređivanje nizova unutar Urbano Hydra računalnog programa

Konačno, uzdužni se profili crtaju dvostrukim klikom na „Uzdužni profil“, te se unutar „Crtanje uzdužnih profila“ odabiru definirani nizovi (Slika 103.)

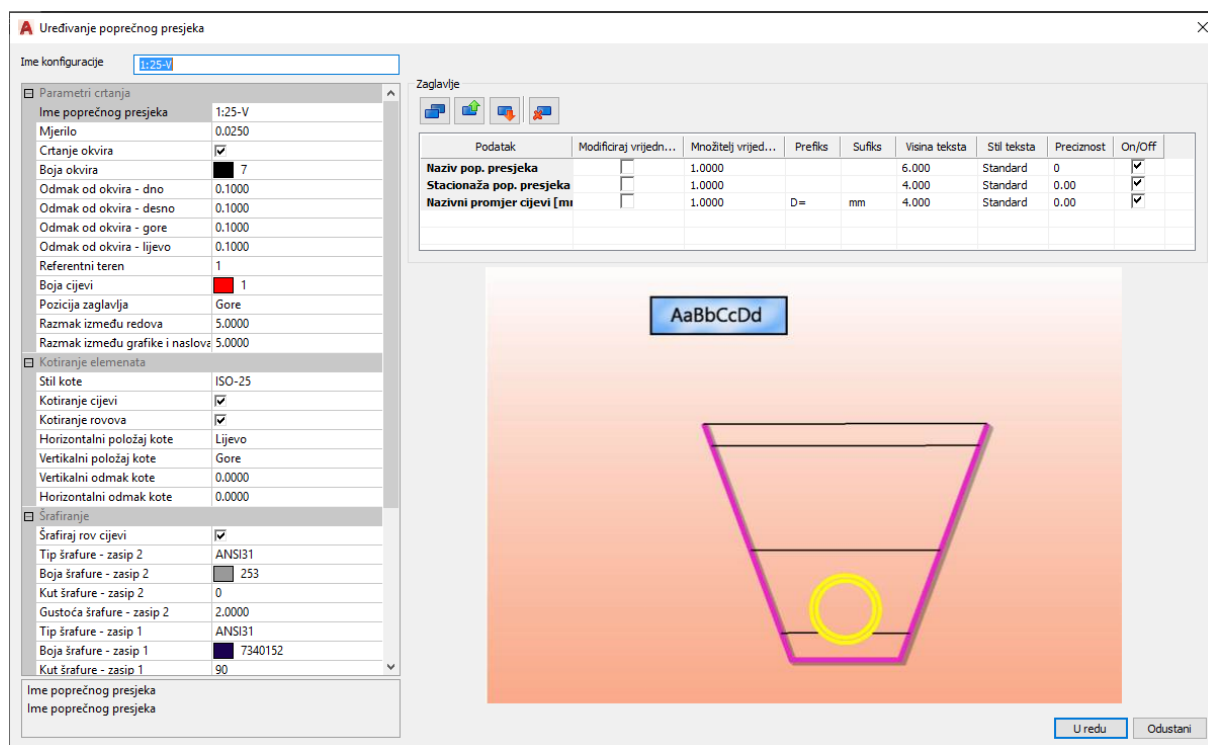


Slika 103. Crtanje uzdužnih profila unutar Urbano Hydra računalnog programa

## 10.6 Poprečni presjeci

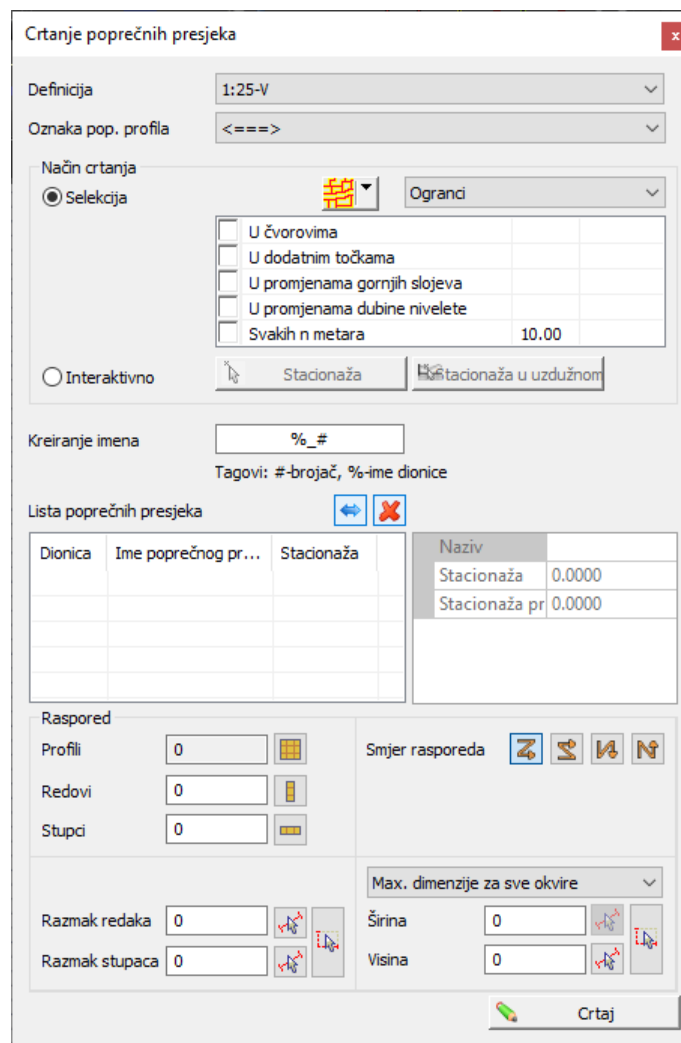
Crtaње poprečnih presjeka ne razlikuje se značajno od crtanja uzdužnih profila. Potrebno je unutar „*Poprečni presjeci*“ odabrati „*Uredi*“ čime se otvara dijaloški okvir prikazan na slici 104., koji nudi uređivanje poprečnih presjeka.

Nakon definiranja svih potrebnih parametara, može se pristupat crtanju profila. Crtaње se provodi unutar „*Crtaње poprečnih presjeka*“ dvostrukim klikom na „*Poprečni presjeci*“, gdje se odabire položaj u kojem se želi prikazati poprečni presjek (Slika 105.), *Prilog 14*.



Slika 104. Uređivanje poprečnog presjeka unutar Urbano Hydra računalnog programa

Unutar „*Katalog cijevi*“ odabire se materijal posteljice i njezina debljina te koeficijent nalijeganja. Šrafura posteljice može se mijenjati unutar „*Crtaње poprečnih presjeka*“.



Slika 105. Crtanje poprečnog presjeka unutar Urbano Hydra računalnog programa

## 11. ZAKLJUČAK

Ovim diplomskim radom, napravljen je idejni projekt vodoopskrbnog sustava grada Poreča zajedno s njegovim naseljima. Obuhvaćeno područje turistički je vrlo atraktivno kroz cijelu godinu, posebice tijekom ljetne sezone što znatno utječe na projektiranje vodoopskrbnog sustava. Ovim projektom osim samog stanovništva i privatnog smještaja, obuhvaćeno je 29 hotela, dva kampa te jedna industrija.

Unutar ovog rada, hidraulička analiza provedena je za dva modela, gravitacijski dotok vode te dotok vode crpljenjem u vodnu komoru glavne vodospreme. Kako bi se odabrao najpovoljniji vodoopskrbni sustav, potrebno je provesti više varijanti. Model gravitacijskog dotoka vode u vodnu komoru glavne vodospreme se razmatrao za dvije varijante dispozije vodospreme, a model dotoka vode crpljenjem u vodnu komoru glavne vodospreme za dvije varijante dispozicije crpne stanice. Model gravitacijskog dotoka vode je isplativiji (nema crpki), te lakši za održavanje od modela dotoka vode crpljenjem.

Hidraulička analiza se za spomenute modele provela u Excelu, WaterCAD V8i i Urbano Hydra računalnim programima. Računalni programi WaterCAD V8i i Urbano Hydra se po mnogo čemu razlikuju. WaterCAD V8i program se najčešće koristi za modeliranje, optimalizaciju sustava te za dobivanje različitih simulacijskih prikaza, dok Urbano Hydra program služi više za projektiranje sustava, te jednostavno i brzo dobivanje uzdužnih i poprečnih profila vodoopskrbnog sustava tj. njegovih mjerodavnih dionica. WaterCAD V8i program omogućava provođenje hidrauličkog proračuna za različite simulacije, a za potrebe ovog diplomskog rada koristilo se prošireno simulacijsko razdoblje od 24 h (EPS). Nasuprot tome, Urbano Hydra računalni program hidraulički proračun proračunava za jedan određeni trenutak u danu. Rezultati dobiveni unutar ova dva računalna programa su podjednaki zbog korištenja EPANET-a kao baze za provođenje hidrauličkih analiza.

Konačno, oba programa nude brojne prednosti koje su iskorištene unutar ovog diplomskog rada. U WaterCAD V8i programu definirali su se svi elementi vodoopskrbnog sustava, proveden je hidraulički proračun, odnosno analizirane su brzine toka vode, protoci u pojedinim cijevima, te radni tlakovi u čvorovima. Također, napravljena su tri scenarija, te su prikazani različiti dijagrami međuovisnosti pojedinih fizikalnih veličina. Urbano Hydra računalni program se koristio za crtanje uzdužnih i poprečnih profila, te za plan iskolčenja glavne dionice. U konačnici se može zaključiti kako ovi računalni programi zajedno savršeno funkcioniraju, te se upotpunjuju.

## 12. LITERATURA

- [1] <https://hr.wikipedia.org/wiki/Pore%C4%8D> (preuzeto dana 7.5.2019.)
- [2] <https://bs.wikipedia.org/wiki/Pore%C4%8D> (preuzeto dana 7.5.2019.)
- [3] Statistički ljetopis Republike Hrvatske, Državni zavod za statistiku Republike Hrvatske, Zagreb, 2018.
- [4] Radoš, M., Turistički razvoj grada Poreča, Prvostupnički rad, Prirodoslovno-matematički fakultet, Zagreb, 2018.
- [5] <http://www.istra-istria.hr/index.php?id=263> (preuzeto dana 14.5.2019.)
- [6] Zaninović, K.: Klimatski atlas Hrvatske 1961.-1990., 1971.-2000., [http://klima.hr/razno/publikacije/klimatski\\_atlas\\_hrvatske.pdf](http://klima.hr/razno/publikacije/klimatski_atlas_hrvatske.pdf)
- [7] <http://istra.lzmk.hr/clanak.aspx?id=957> (preuzeto dana 21.5.2019.)
- [8] <http://www.istrapedia.hr/hrv/776/geomorfologija-bijela-siva-crvena-istra/istra-a-z/> (preuzeto dana 21.5.2019.)
- [9] Vodoopskrbni sustav Istre, Coprogram d.o.o., Zagreb 2000. godine
- [10] Žic, E., Proračun mjerodavnih količina vode, auditorne vježbe iz kolegija „Vodoopskrba i kondicioniranje voda“, Građevinski fakultet Rijeka, Rijeka, 2018.
- [11] Žic, E., Proračun mjerodavnih količina vode, auditorna predavanja iz kolegija „Vodoopskrba i kondicioniranje voda“, Građevinski fakultet Rijeka, Rijeka, 2018.
- [12] Radaković D., Hidraulička analiza vodoopskrbnog sustava primjenom programskih paketa WaterCAD v8i i Urbano Hydra, Diplomski rad, mentor na radu: Doc.dr.sc. Elvis Žic, Rijeka, 2018.
- [13] <http://www.grad.hr/nastava/hidrotehnika/gf/odvodnja/vjezbe/Projektiranje%20vodoopskrbnih%20sustava%20-%20za%20web3.pdf> (preuzeto dana 6.6.2019.)
- [14] Gulić M., Detekcija i smanjivanje gubitaka vode u vodoopskrbnim sustavima, Završni rad, mentor na radu: Prof.dr.sc. Barbara Kerleuša, Građevinski fakultet Rijeka, Rijeka, 2017.

Martina Gulić, Hidraulička analiza vodoopskrbnog sustava grada Poreča i njegovih naselja – primjena WaterCAD V8i i Urbano Hydra programa, diplomski rad, 2019.

- [15] Žic, E.: Hidraulički proračun vodoopskrbnog sustava, radni materijali za rješavanje programa iz kolegija Vodoopskrba i kondicioniranje vode, Građevinski fakultet Sveučilišta u Rijeci, Rijeka 2018.
- [16] Žic, E.: Dimenzioniranje vodospreme/vodotornja, radni materijali za rješavanje programa iz kolegija Vodoopskrba i kondicioniranje vode, Građevinski fakultet Sveučilišta u Rijeci, Rijeka 2018.
- [17] Žic, E.: Dimenzioniranje crpne stanice, radni materijali za rješavanje programa iz kolegija Vodoopskrba i kondicioniranje vode, Građevinski fakultet Sveučilišta u Rijeci, Rijeka 2018.
- [18] <http://www.istrapedia.hr> (preuzeto dana 7.5.2019.)
- [19] <https://www.bentley.com/en/products/product-line/hydraulics-and-hydrology-software/watercad> (preuzeto dana 26.8.2019.)
- [20] Rušidi, T.: Validacija idejnog projekta vodoopskrbnog sustava primjenom programskog paketa WaterCAD V8i i Urbano Hydra, diplomski rad, mentor na radu: Doc.dr.sc. Elvis Žic, Građevinski fakultet Sveučilišta u Rijeci, 2018.
- [21] <http://centarznr.hr/strucni-clanci/hrvatska/pravilnik-o-hidrantskoj-mrezi-za-gasenje-pozara> (preuzeto dana 7.9.2019.)
- [22] <http://www.studioars.com/hr/hr/urbano-hydra-91/270/2> (preuzeto dana 5.10.2019.)

## 13. PRILOZI

1. Hidraulički proračun – Varijanta 1

2.1. Situacijski prikaz vodoopskrbnog sustava na dof karti M 1:5000 – gravitacijski dotok Varijanta 1

2.2. Situacijski prikaz vodoopskrbnog sustava na dof karti M 1:1000 – gravitacijski dotok Varijanta 1, nastavak

2.3. Situacijski prikaz vodoopskrbnog sustava na dof karti M 1:5000 – gravitacijski dotok Varijanta 1, nastavak

3.1. Situacijski prikaz vodoopskrbnog sustava M 1:5000 – gravitacijski dotok Varijanta 1

3.2. Situacijski prikaz vodoopskrbnog sustava M 1:1000 – gravitacijski dotok Varijanta 1, nastavak

3.3. Situacijski prikaz vodoopskrbnog sustava M 1:5000 – gravitacijski dotok Varijanta 1, nastavak

4.1. Situacijski prikaz vodoopskrbnog sustava na dof karti M 1:5000 – gravitacijski dotok Varijanta 2

4.2. Situacijski prikaz vodoopskrbnog sustava na dof karti M 1:1000 – gravitacijski dotok Varijanta 2, nastavak

4.3. Situacijski prikaz vodoopskrbnog sustava na dof karti M 1:5000 – gravitacijski dotok Varijanta 2, nastavak

5.1. Situacijski prikaz vodoopskrbnog sustava M 1:5000 – gravitacijski dotok Varijanta 2

5.2. Situacijski prikaz vodoopskrbnog sustava M 1:1000 – gravitacijski dotok Varijanta 2, nastavak

5.3. Situacijski prikaz vodoopskrbnog sustava M 1:5000 – gravitacijski dotok Varijanta 2, nastavak

6.1. Situacijski prikaz vodoopskrbnog sustava na dof karti M 1:5000 – dotok crpljenjem Varijanta 1



- 6.2. Situacijski prikaz vodoopskrbnog sustava na dof karti M 1:1000 – dotok crpljenjem Varijanta 1, nastavak
- 6.3. Situacijski prikaz vodoopskrbnog sustava na dof karti M 1:5000 – dotok crpljenjem Varijanta 1, nastavak
- 7.1. Situacijski prikaz vodoopskrbnog sustava M 1:5000 – dotok crpljenjem Varijanta 1
- 7.2. Situacijski prikaz vodoopskrbnog sustava M 1:1000 – dotok crpljenjem Varijanta 1, nastavak
- 7.3. Situacijski prikaz vodoopskrbnog sustava M 1:5000 – dotok crpljenjem Varijanta 1, nastavak
- 8.1. Situacijski prikaz vodoopskrbnog sustava na dof karti M 1:5000 – dotok crpljenjem Varijanta 2
- 8.2. Situacijski prikaz vodoopskrbnog sustava na dof karti M 1:1000 – dotok crpljenjem Varijanta 2, nastavak
- 8.3. Situacijski prikaz vodoopskrbnog sustava na dof karti M 1:5000 – dotok crpljenjem Varijanta 2, nastavak
- 9.1. Situacijski prikaz vodoopskrbnog sustava M 1:5000 – dotok crpljenjem Varijanta 2
- 9.2. Situacijski prikaz vodoopskrbnog sustava M 1:1000 – dotok crpljenjem Varijanta 2, nastavak
- 9.3. Situacijski prikaz vodoopskrbnog sustava M 1:5000 – dotok crpljenjem Varijanta 2, nastavak
10. Plan iskolčenja glavnog cjevovoda od vodospreme V1 do kampa K1 M 1:5000
11. Uzdužni profil dionice od 450 do 392 M 1:1000/100
12. Uzdužni profil dionice od 713 do 488 M 1:1000/100
13. Uzdužni profil dionice od 72 do 396 M 1:1000/100
14. Karakteristični presjek rova M 1:25

Sveučilište u Rijeci  
Građevinski fakultet Rijeka

Hidraulička analiza vodoopskrbnog sustava grada Poreča i njegovih naselja - primjena WaterCAD V8i i Urbano Hydra programa

ODZAKA DIONICE	DULJINA DIONICE [m]	SPECIFIČNA POTROŠNJA [l/s·m]	SATNA POTROŠNJA (pot. kamp. ind.) [l/s]	KOF. K	VIRT. DULJINA [m]	STAN. [l/s]	PROTOK [l/s]			DIMENZIONIRANJE CELOVODNA			DIMENZIONIRANJE			RADNI TLAKOVI U MREŽI			CYCOP/PIRELOCUCI		LIMBISI GURUČI		LOKALNI GURUČI							
							VLASTITI			TRANZITNI			UKUPNI			Dij. [l/s]	PROBL. GURUČI	BRANNA VOĐE. [m]	HIDRAULIK. RIF. P. [m]	LIMBISI GURUČI	LOKALNI GURUČI	OD	DO	LIMBISI GURUČI	LOKALNI GURUČI					
							Q <sub>1</sub>	Q <sub>2</sub>	Q <sub>3</sub>	Q <sub>1</sub>	Q <sub>2</sub>	Q <sub>3</sub>	Q <sub>1</sub>	Q <sub>2</sub>	Q <sub>3</sub>											Q <sub>1</sub>	Q <sub>2</sub>	Q <sub>3</sub>	Q <sub>1</sub>	Q <sub>2</sub>
H29	115	482,45	0,00000				0,63	0,00	0,63	35,00	35,00	250	0,71	2,226	1,122	0,0259	V1	1	6,5	65,00	0,00	H29	115	1,122	0,0259					
H28	115	36,35	0,00000	6,031				6,03	0,00	6,03	35,00	35,00	250	0,71	2,226	0,038	0,0259	V1	1	9,5	65,00	0,00	H29	115	1,122	0,0259				
H13	114	208,55	0,00000					8,79	8,79	6,66	15,45	35,00	250	0,71	2,226	0,078	0,0259	V1	2	2,7	61,66	28,96	H13	114	0,094	0,0259				
H14	113	40,17	0,02943					1,18	1,18	20,68	21,86	35,00	250	0,71	2,226	0,093	0,0259	V1	3	9,1	59,87	50,77	H14	114	0,278	0,0259				
H16	113	39,2	0,00000	5,234				5,23	0,00	5,23	35,00	35,00	250	0,71	2,226	0,023	0,0259	V1	4	8,4	59,44	51,04	H14	113	0,093	0,0259				
H11	112	93,64	0,00000					2,64	2,64	21,10	23,74	35,00	250	0,71	2,226	0,055	0,0259	V1	5	5,4	58,47	53,07	H11	112	0,209	0,0259				
H15	112	63,08	0,00000	5,234				5,23	0,00	5,23	35,00	35,00	250	0,71	2,226	0,147	0,0259	V1	6	4,8	57,90	53,10	H15	112	0,209	0,0259				
H12	111	44,46	0,02943	5,234				44,46	1,31	34,97	36,28	35,00	250	0,71	2,226	0,111	0,0278	V1	8	4,3	57,56	53,26	H12	111	0,147	0,0259				
H18	108	28,83	0,00000					0,00	0,00	5,23	5,23	35,00	250	0,71	2,226	0,023	0,0259	V1	9	4,3	57,56	53,26	H18	111	0,023	0,0259				
H11	110	160,37	0,02943					160,37	4,72	41,51	46,23	35,00	46,23	300	0,65	1,883	0,222	0,0218	V1	10	4,3	57,41	53,11	H11	110	0,023	0,0259			
H13	110	280,83	0,00000	6,031				6,03	0,00	6,03	35,00	35,00	250	0,71	2,226	0,653	0,0259	V1	11	4	57,27	52,27	H11	110	0,222	0,0218				
H10	109	252,59	0,00000					7,43	7,43	52,26	59,70	35,00	59,70	300	0,64	2,265	0,572	0,0259	V1	12	4	57,26	53,16	H10	110	0,653	0,0259			
H22	108	22,75	0,00000	5,234				22,71	0,00	5,23	0,00	35,00	35,00	250	0,71	2,226	0,005	0,0259	V1	13	2,6	57,06	54,46	H10	109	0,005	0,0259			
H09	108	1061,57	0,02943					31,25	31,25	64,93	96,18	35,00	96,18	350	1,00	2,847	3,022	0,0509	V1	14	2,6	57,04	54,44	H10	109	0,055	0,0259			
H21	108	398,91	0,00000	6,031				398,91	6,03	0,00	6,03	35,00	35,00	250	0,71	2,226	0,928	0,0259	V1	16	19,6	55,89	36,29	H10	108	3,022	0,0509			
H08	104	601,12	0,00000					17,69	17,69	102,21	119,90	35,00	119,90	400	0,95	2,220	1,490	0,0464	V1	17	12,5	55,88	37,88	H10	108	0,528	0,0288			
H04	105	442,32	0,02943					13,02	13,02	37,25	50,27	35,00	50,27	300	0,71	2,226	0,179	0,0258	V1	18	18	56,06	38,06	H10	104	1,274	0,0464			
H18	105	188,62	0,00000	5,234				188,62	5,23	0,00	5,23	35,00	35,00	250	0,71	2,226	0,392	0,0259	V1	19	18	56,10	38,10	H10	105	0,719	0,0258			
H15	106	10	0,00000					0,20	0,20	31,73	32,00	35,00	35,00	250	0,71	2,226	0,023	0,0259	V1	20	18	56,13	38,13	H10	106	0,023	0,0259			
H06	107	200,68	0,02943					5,91	5,91	19,79	25,70	35,00	35,00	250	0,71	2,226	0,467	0,0259	V1	21	18	56,19	38,19	H10	105	0,467	0,0259			
H19	107	103,32	0,00000	5,234				103,32	5,23	0,00	5,23	35,00	35,00	250	0,71	2,226	0,240	0,0259	V1	22	0	56,24	36,24	H10	107	0,467	0,0259			
H2	107	458,69	14,555					14,55	14,55	6,00	14,56	35,00	35,00	250	0,71	2,226	1,865	0,0259	V1	24	17	56,24	39,24	H10	107	1,865	0,0259			
H20	106	724,75	0,00000	6,031				724,75	6,03	0,00	6,03	35,00	35,00	250	0,71	2,226	1,486	0,0259	V1	24	17	56,24	39,24	K2	107	1,486	0,0259			
H04	103	659,11	0,00000					19,40	19,40	170,18	189,58	35,00	189,58	500	0,97	1,563	1,030	0,0475	V1	25	17	56,20	39,20	H10	106	1,686	0,0259			
H17	103	46,36	0,02943	6,031				46,36	6,03	0,00	6,03	35,00	35,00	250	0,71	2,226	0,108	0,0259	V1	26	18	56,08	38,08	H10	103	1,030	0,0475			
H13	102	81,49	0,00000					2,40	2,40	49,41	51,81	35,00	51,81	300	0,71	2,226	0,023	0,0259	V1	27	18,9	55,94	37,04	H10	102	0,023	0,0259			
H16	102	73	0,00000	6,031				73,00	6,03	0,00	6,03	35,00	35,00	250	0,71	2,226	0,170	0,0259	V1	28	18,9	55,94	37,04	H10	102	0,170	0,0259			
H02	101	107,7	0,02943					107,70	3,17	3,17	204,04	207,21	35,00	207,21	500	1,06	1,853	2,000	0,0568	V1	29	18,9	55,91	37,01	H10	102	0,0568	0,0259		
H10	100	218,6	0,00000	5,234				218,60	0,00	5,23	0,00	35,00	35,00	250	0,71	2,226	0,023	0,0259	V1	30	18,9	55,91	37,01	H10	100	0,023	0,0259			
H01	100	742,54	0,00000					21,86	21,86	212,44	234,30	35,00	234,30	500	1,19	2,345	1,741	0,0226	V1	31	18,9	55,86	36,96	H15	101	0,023	0,0259			
H14	100	13,65	0,02943	5,234				13,65	5,23	0,00	5,23	35,00	35,00	250	0,71	2,226	0,023	0,0259	V1	32	22	55,83	33,83	H15	101	1,741	0,0226			
H10	99	85,64	0,00000					2,52	2,52	230,53	242,05	35,00	242,05	500	1,23	2,495	0,213	0,0259	V1	33	22	55,83	33,83	H14	100	0,213	0,0259			
H13	99	78,97	0,00000	6,031				78,97	6,03	0,00	6,03	35,00	35,00	250	0,71	2,226	0,184	0,0259	V1	34	22	55,78	33,78	H14	100	0,184	0,0259			
H09	98	204,37	0,00000					6,02	6,02	248,08	254,09	35,00	254,09	600	0,90	1,100	0,225	0,0412	V1	35	22,2	55,73	33,53	H13	99	0,184	0,0259			
H12	98	130,54	0,00000	5,234				130,54	5,23	0,00	5,23	35,00	35,00	250	0,71	2,226	0,769	0,0259	V1	36	22,2	55,68	33,48	H13	99	0,225	0,0412			
H2	92	104,45	0,00000					3,13	3,13	353,33	356,46	35,00	356,46	400	1,17	2,143	0,134	0,0259	V1	37	14	56,25	34,25	H13	98	0,134	0,0259			
H4	93	80,5	0,02943					104,81	3,08	17,63	20,72	35,00	35,00	250	0,71	2,226	0,244	0,0259	V1	38	16,7	56,22	35,22	H13	98	0,244	0,0259			
H1	93	80,5	0,02943					10,50	2,37	2,37	9,23	11,60	35,00	35,00	250	0,71	2,226	0,187	0,0259	V1	39	16,7	56,17	35,17	H13	98	0,187	0,0259		
H17	93	211,72	0,00000	4,000				211,72	6,23	30,70	36,93	35,00	36,93	250	0,75	2,576	0,545	0,0288	V1	40	16,7	56,15	35,15	H17	94	0,211	0,0259			
H11	95	180,45	0,00000	6,031				180,45	6,03	0,00	6,03	35,00	35,00	250	0,71	2,226	1,490	0,0259	V1	46	16,68	56,08	35,08	H11	95	1,490	0,0259			
H16	96	18,59	0,02943					18,59	5,35	5,35	18,32	24,67	35,00	35,00	250	0,71	2,226	0,423	0,0259	V1	47	12,5	56,64	44,14	H11	95	0,423	0,0259		



**SITUACIJSKI PRIKAZ VODOPSKRBNOG SUSTAVA NA DOF KARTI - gravitacijski dotok Varijanta 1  
M 1:1000**



<b>GF</b> GRADEVINSKI FAKULTET SVEUČILIŠTA U RIJECI			
Diplomski rad Hidraulička analiza vodoopskrbnog sustava grada Poreča i njegovih naselja - primjena Urbano Hydra i WaterCAD v8i programa	Sadržaj nacrtu: SITUACIJSKI PRIKAZ VODOPSKRBNOG SUSTAVA NA DOF KARTI - gravitacijski dotok Varijanta 1		
Student: Martina Gulić	Kolegij: VODOOPSKRBA I KONDICIONIRANJE VODA		
Mentor: Doc.dr.sc. Elvis Žić, dipl.ing.grad.	Datum: XI 2019.	Mjerilo: 1:1000	List: 2.2

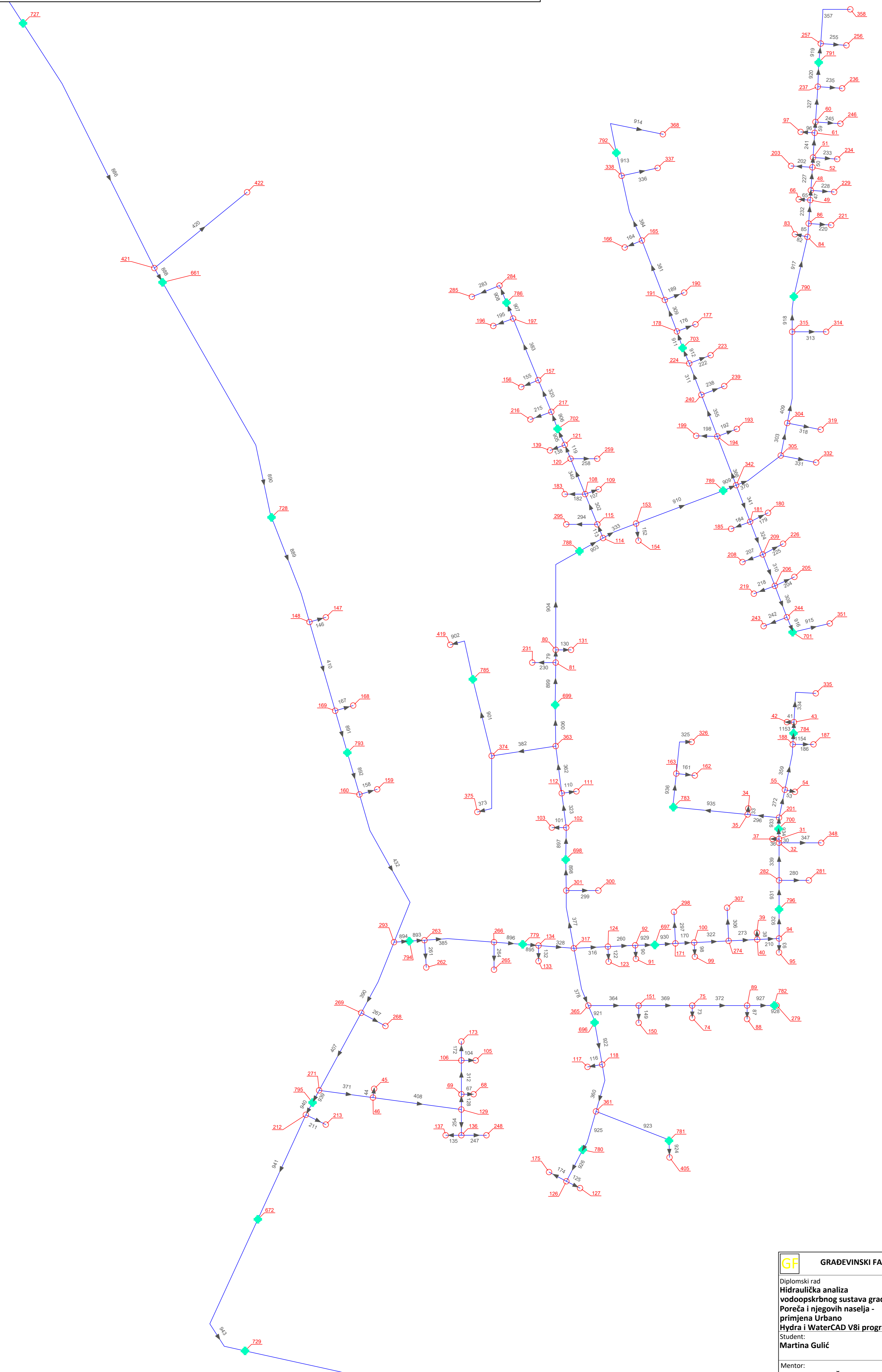
SITUACIJSKI PRIKAZ VODOOPSKRBNOG SUSTAVA NA DOF KARTI - gravitacijski dotok Varijanta 1  
M 1:5000




<b>GF</b> GRAĐEVINSKI FAKULTET SVEUČILIŠTA U RIJECI			
Diplomski rad Hidraulička analiza vodoopskrbnog sustava grada Poreča i njegovih naselja - primjena Urbano Hydra i WaterCAD V8i programa	Sadržaj nacrt: SITUACIJSKI PRIKAZ VODOOPSKRBNOG SUSTAVA NA DOF KARTI - gravitacijski dotok Varijanta 1		
Student: Martina Gulić	Kolegij: VODOOPSKRBA I KONDIIONIRANJE VODA		
Mentor: Doc.dr.sc. Elvis Žic, dipl.ing.grad.	Datum: XI 2019.	Mjerilo: 1:5000	List: 2.3

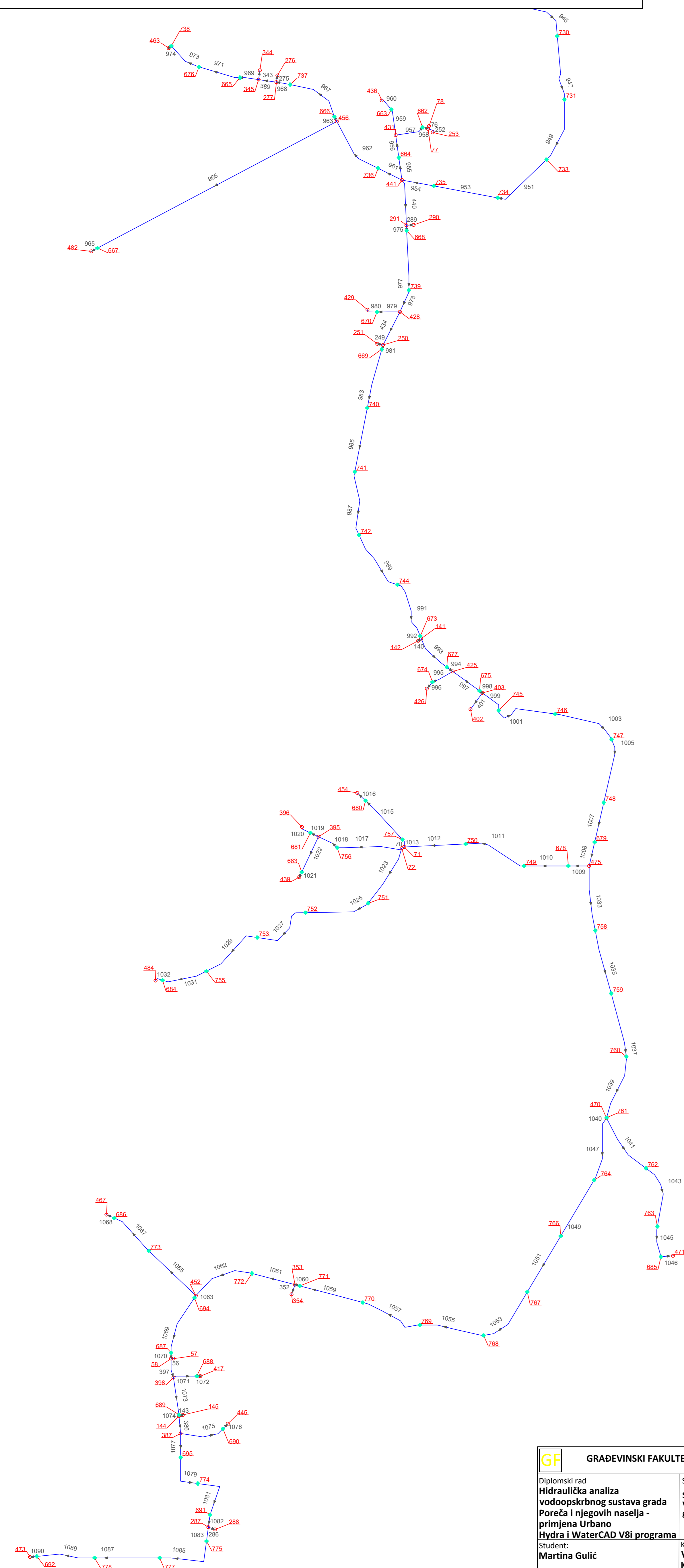


**SITUACIJSKI PRIKAZ VODOOPSKRBNOG SUSTAVA - gravitacijski dotok Varijanta 1  
M 1:1000**



 <b>GRAĐEVINSKI FAKULTET SVEUČILIŠTA U RIJECI</b>		
Diplomski rad <b>Hidraulička analiza          vodoopskrbnog sustava grada          Poreča i njegovih naselja -          primjena Urbano          Hydra i WaterCAD v8i programa</b>		Sadržaj nacrt: <b>SITUACIJSKI PRIKAZ          VODOOPSKRBNOG SUSTAVA -          gravitacijski dotok Varijanta 1</b>
Student: <b>Martina Gulić</b>		Kolegij: <b>VODOOPSKRBA I          KONDICIONIRANJE VODA</b>
Mentor: Doc.dr.sc. <b>Elvis Žic, dipl.ing.grad.</b>	Datum: XI 2019.	Mjerilo: 1:1000
		List: 3.2

**SITUACIJSKI PRIKAZ VODOOPSKRBNOG SUSTAVA - gravitacijski dotok Varijanta 1  
M 1:5000**



<b>GF</b>	<b>GRADEVINSKI FAKULTET SVEUČILIŠTA U RIJECI</b>
Diplomski rad Hidraulička analiza vodoopskrbnog sustava grada Poreča i njegovih naselja - primjena Urbano Hydra i WaterCAD V8i programa	Sadržaj nacрта: SITUACIJSKI PRIKAZ VODOOPSKRBNOG SUSTAVA - gravitacijski dotok Varijanta 1
Student: Martina Gulić	Kolegiji: VODOOPSKRBA I KONDIIONIRANJE VODA
Mentor: Doc.dr.sc. Elvis Žic, dipl.ing.grad.	Datum: XI 2019.
	Mjerilo: 1:5000
	List: 3.3





SITUACIJSKI PRIKAZ VODOOPSKRBNOG SUSTAVA NA DOF KARTI - gravitacijski dotok Varijanta 2  
M 1:1000



GF GRADEVINSKI FAKULTET SVEUČILIŠTA U RIJECI

Diplomski rad  
Hidraulička analiza  
vodoopskrbnog sustava grada  
Poreča i njegovih naselja -  
primjena Urbano  
Hydra i WaterCAD V8i programa

Student:  
Martina Gulić  
Mentor:  
Doc.dr.sc. Elvis Žic, dipl.ing.grad.

Sadržaj nacrt:  
SITUACIJSKI PRIKAZ  
VODOOPSKRBNOG SUSTAVA NA  
DOF KARTI - gravitacijski dotok  
Varijanta 2

Kolegij:  
VODOOPSKRBA I  
KONDICIONIRANJE VODA  
Datum: XI 2019. Mjerilo: 1:1000 List: 4.2

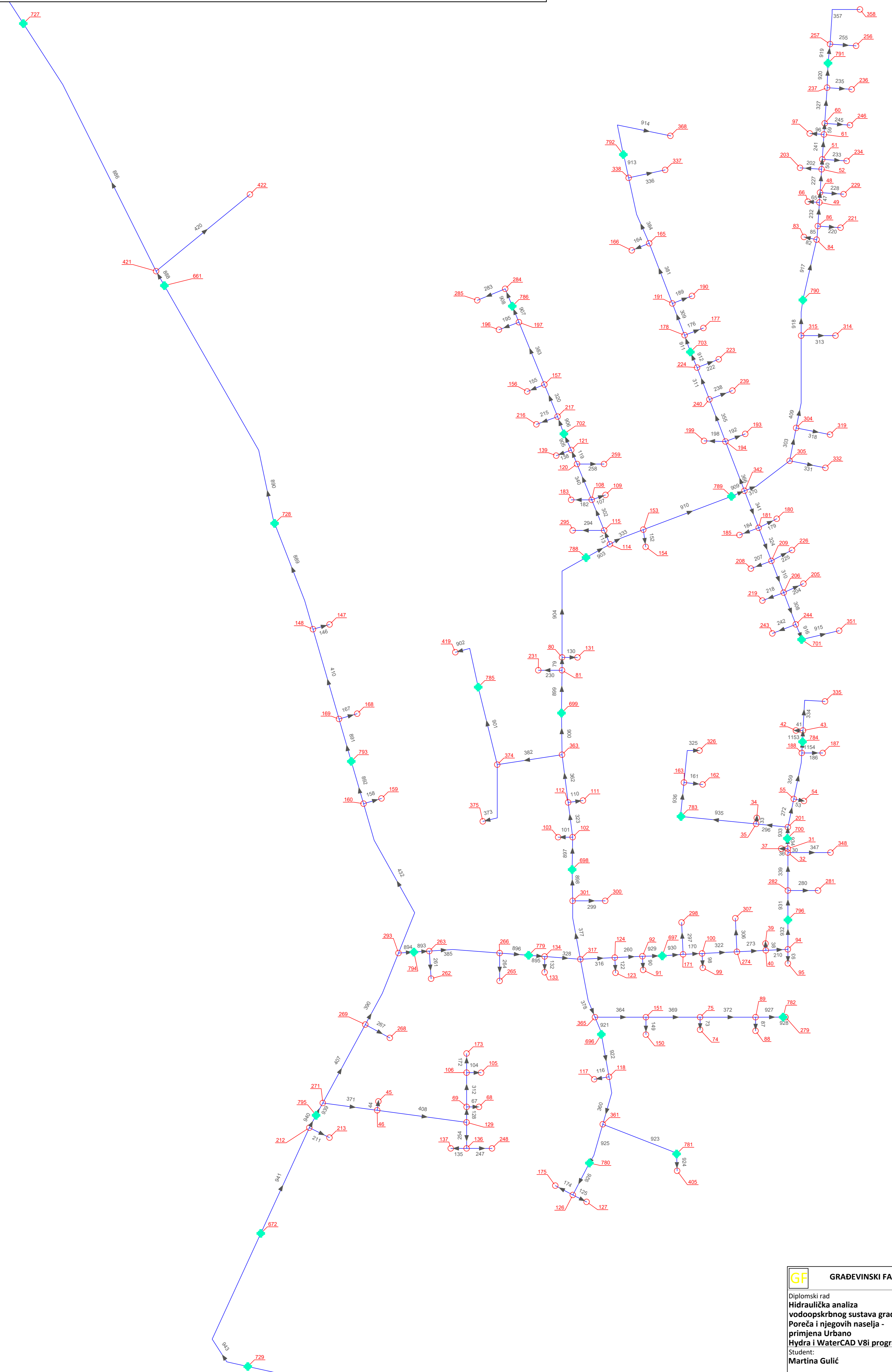
SITUACIJSKI PRIKAZ VODOOPSKRBNOG SUSTAVA NA DOF KARTI - gravitacijski dotok Varijanta 2  
M 1:5000




<b>GF</b>	<b>GRADEVINSKI FAKULTET SVEUČILIŠTA U RIJECI</b>		
Diplomski rad <b>Hidraulička analiza vodoopskrbnog sustava grada Porčca i njegovih naselja - primjena Urbano Hydra i WaterCAD V8i programa</b>	Sadržaj nacrt: <b>SITUACIJSKI PRIKAZ VODOOPSKRBNOG SUSTAVA NA DOF KARTI - gravitacijski dotok Varijanta 2</b>		
Student: <b>Martina Gulić</b>	Kolegi: <b>VODOOPSKRBA I KONDIIONIRANJE VODA</b>		
Mentor: Doc.dr.sc. <b>Elvis Žic, dipl.ing.grad.</b>	Datum: XI 2019.	Mjerilo: 1:5000	List: 4.3

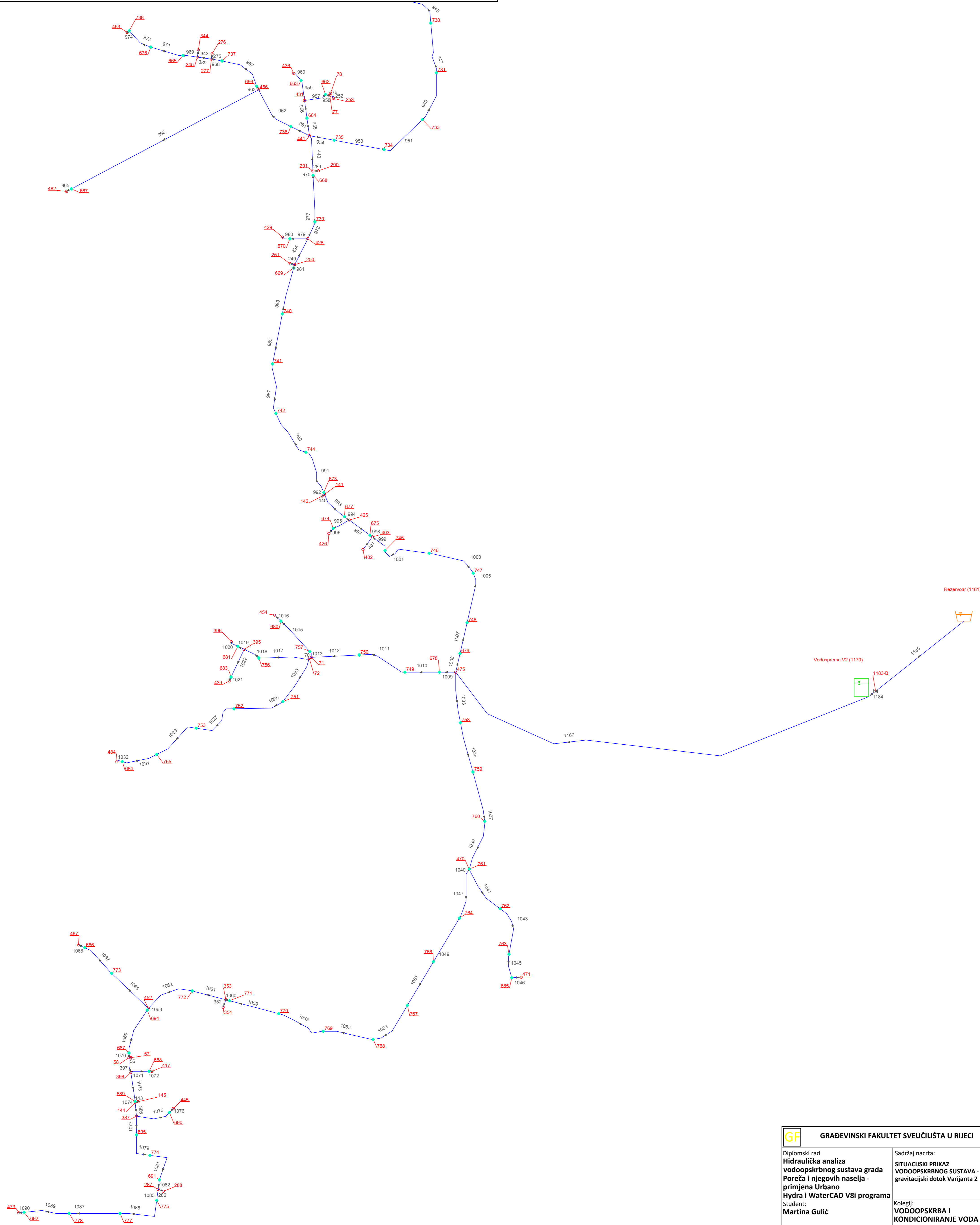


**SITUACIJSKI PRIKAZ VODOOPSKRBNOG SUSTAVA - gravitacijski dotok Varijanta 2  
M 1:1000**



 <b>GRADEVINSKI FAKULTET SVEUČILIŠTA U RIJECI</b>		
Diplomski rad <b>Hidraulička analiza vodoopskrbnog sustava grada Poreča i njegovih naselja - primjena Urbano Hydra i WaterCAD v8i programa</b>		Sadržaj nacrt: <b>SITUACIJSKI PRIKAZ VODOOPSKRBNOG SUSTAVA - gravitacijski dotok Varijanta 2</b>
Student: <b>Martina Gulić</b>		Kolegij: <b>VODOOPSKRBA I KONDICIONIRANJE VODA</b>
Mentor: Doc.dr.sc. <b>Elvis Žic, dipl.ing.grad.</b>	Datum: XI 2019.	Mjerilo: 1:1000
		List: 5.2

**SITUACIJSKI PRIKAZ VODOOPSKRBNOG SUSTAVA - gravitacijski dotok Varijanta 2  
M 1:5000**



<b>GF</b> GRADEVINSKI FAKULTET SVEUČILIŠTA U RIJECI		
Diplomski rad Hidraulička analiza vodoopskrbnog sustava grada Poreča i njegovih naselja - primjena Urbano Hydra i WaterCAD V8i programa		Sadržaj nacрта: SITUACIJSKI PRIKAZ VODOOPSKRBNOG SUSTAVA - gravitacijski dotok Varijanta 2
Student: <b>Martina Gulić</b>		Kolegiji: <b>VODOOPSKRBA I          KONDICIONIRANJE VODA</b>
Mentor: Doc.dr.sc. <b>Elvis Žic</b> , dipl.ing.grad.	Datum: XI 2019.	Mjerilo: 1:5000
		List: 5.3



SITUACIJSKI PRIKAZ VODOOPSKRBNOG SUSTAVA NA DOF KARTI - dotok crpljenjem Varijanta 1  
M 1:1000



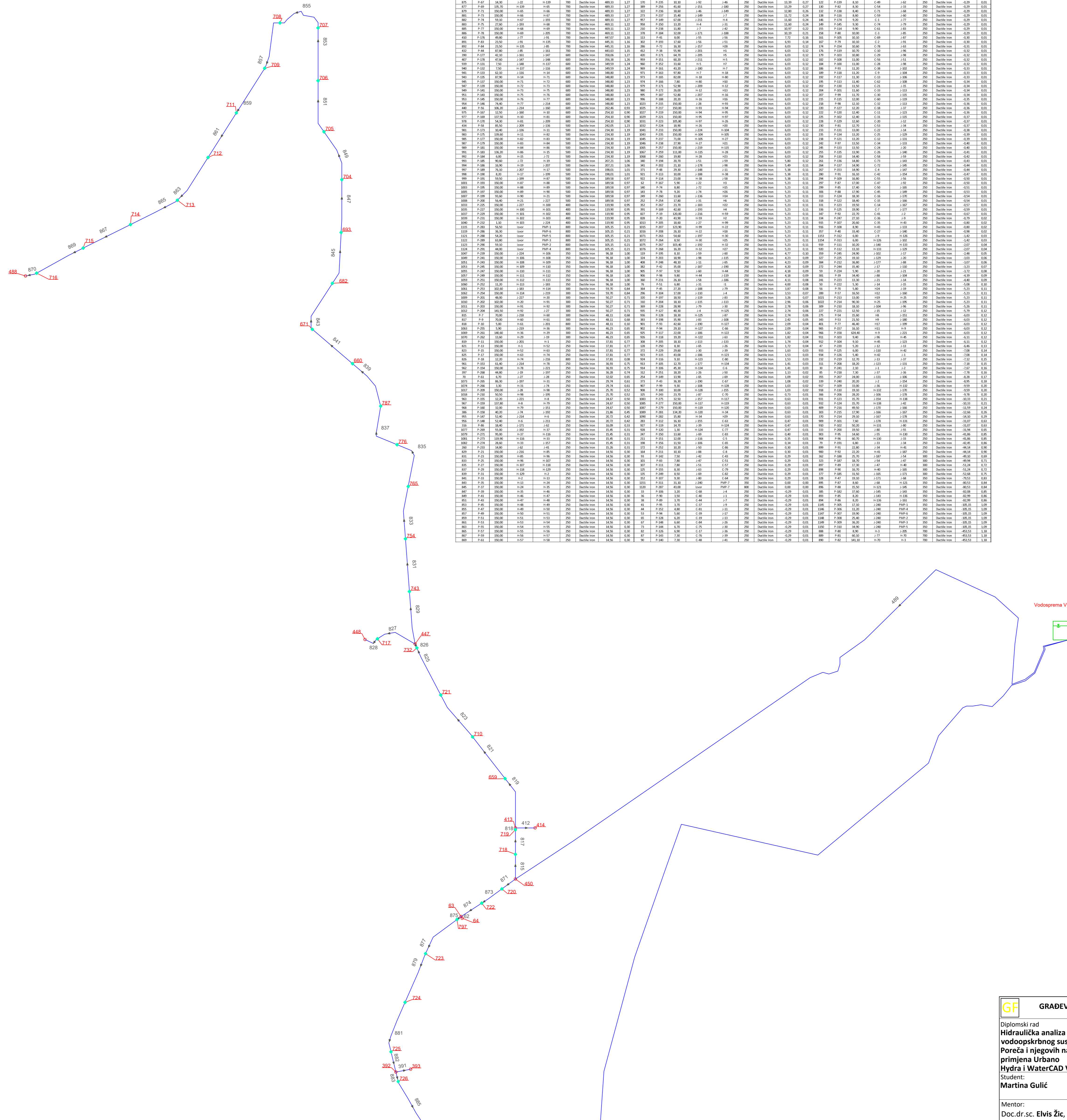


SITUACIJSKI PRIKAZ VODOOPSKRBNOG SUSTAVA NA DOF KARTI - dotok crpljenjem Varijanta 1  
M 1:5000



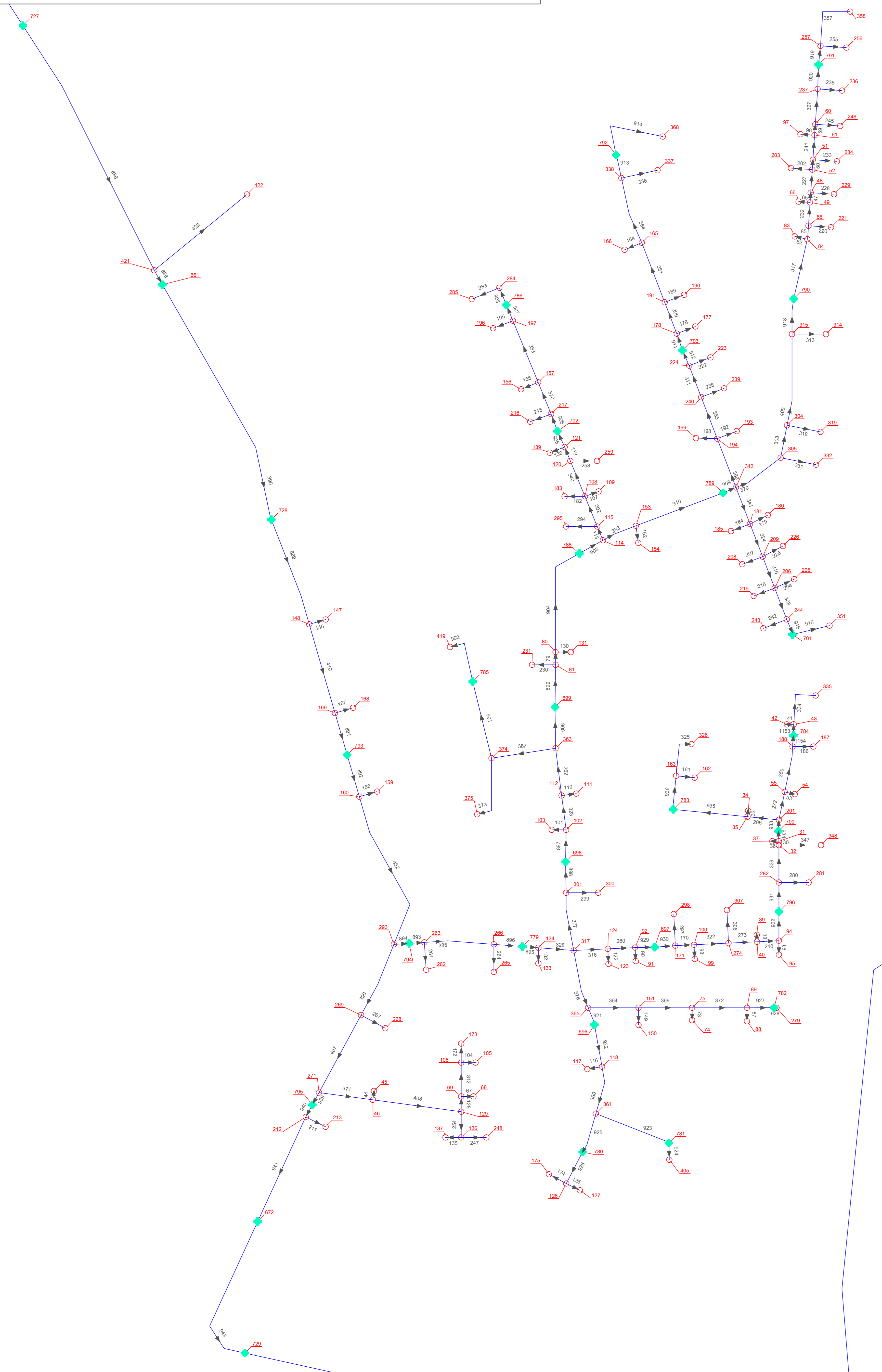
<b>GF</b>	<b>GRADEVINSKI FAKULTET SVEUČILIŠTA U RIJECI</b>		
Diplomski rad <b>Hidraulička analiza vodoopskrbnog sustava grada Poreča i njegovih naselja - primjena Urbano Hydra i WaterCAD V8i programa</b>	Sadržaj nacrt: <b>SITUACIJSKI PRIKAZ VODOOPSKRBNOG SUSTAVA NA DOF KARTI - dotok crpljenjem Varijanta 1</b>		
Student: <b>Martina Gulić</b>	Kolegij: <b>VODOOPSKRBA I KONDIIONIRANJE VODA</b>		
Mentor: Doc.dr.sc. <b>Elvis Žic, dipl.ing.grad.</b>	Datum: XI 2019.	Mjerilo: 1:5000	List: 6.3

**SITUACIJSKI PRIKAZ VODOOPSKRBNOG SUSTAVA - dotok crpljenjem Varijanta 1  
M 1:5000**



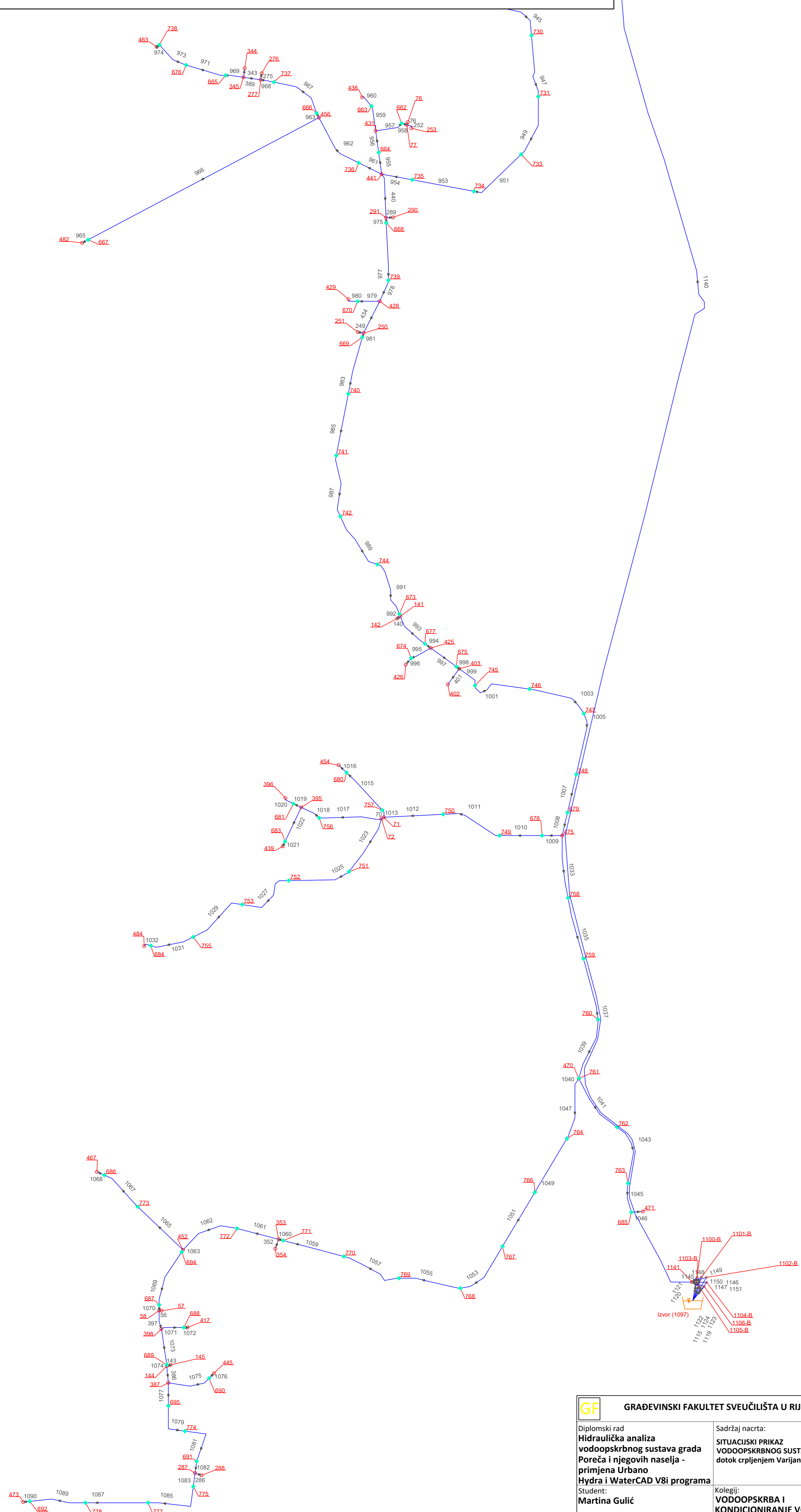
Hidraulički proračun za varijantu 1 - crpno postrojenje CP1												Hidraulički proračun za varijantu 1 - crpno postrojenje CP1												Hidraulički proračun za varijantu 1 - crpno postrojenje CP1											
linija	oznaka	dužina	prečnik	materijal	vrsta	koeficijent	gubici	gubici	gubici	gubici	gubici	linija	oznaka	dužina	prečnik	materijal	vrsta	koeficijent	gubici	gubici	gubici	gubici	linija	oznaka	dužina	prečnik	materijal	vrsta	koeficijent	gubici	gubici	gubici	gubici		
100	P 111	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	101	P 111	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	102	P 111	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	

**SITUACIJSKI PRIKAZ VODOOPSKRBNOG SUSTAVA - dotok crpljenjem Varijanta 1  
M 1:1000**



 <b>GRADEVINSKI FAKULTET SVEUČILIŠTA U RIJECI</b>		
Diplomski rad <b>Hidraulička analiza</b> vodoopskrbnog sustava grada Poreča i njegovih naselja - primjena Urbano Hydra i WaterCAD V8i programa Student: <b>Martina Gulić</b>	Sadržaj nacrta: SITUACIJSKI PRIKAZ VODOOPSKRBNOG SUSTAVA - dotok crpljenjem Varijanta 1	Količina: <b>VODOOPSKRBA I                  KONDICIONIRANJE VODA</b>
Mentor: Doc.dr.sc. Elvis Žić, dipl.ing.grad.	Datum: XI 2019.	Mjerilo: 1:1000
		List: 7.2

**SITUACIJSKI PRIKAZ VODOOPSKRBNOG SUSTAVA - dotok crpljenjem Varijanta 1  
M 1:5000**



GF	GRADEVINSKI FAKULTET SVEUČILIŠTA U RIJECI
	Diplomski rad Hidraulička analiza vodoopskrbnog sustava grada Poreča i njegovih naselja - primjena Urbano Hydra i WaterCAD V8i programa
Mentor:	Doc.dr.sc. Elvis Žic, dipl.ing.grad.
	Kolegiji: VODOOPSKRBA I KONDICIONIRANJE VODA
Datum:	XI 2019.
Mjerilo:	1:5000
List:	7.3



SITUACIJSKI PRIKAZ VODOOPSKRBNOG SUSTAVA NA DOF KARTI - dotok crpljenjem Varijanta 2  
M 1:1000



SITUACIJSKI PRIKAZ VODOOPSKRBNOG SUSTAVA NA DOF KARTI - dotok crpljenjem Varijanta 2  
M 1:5000

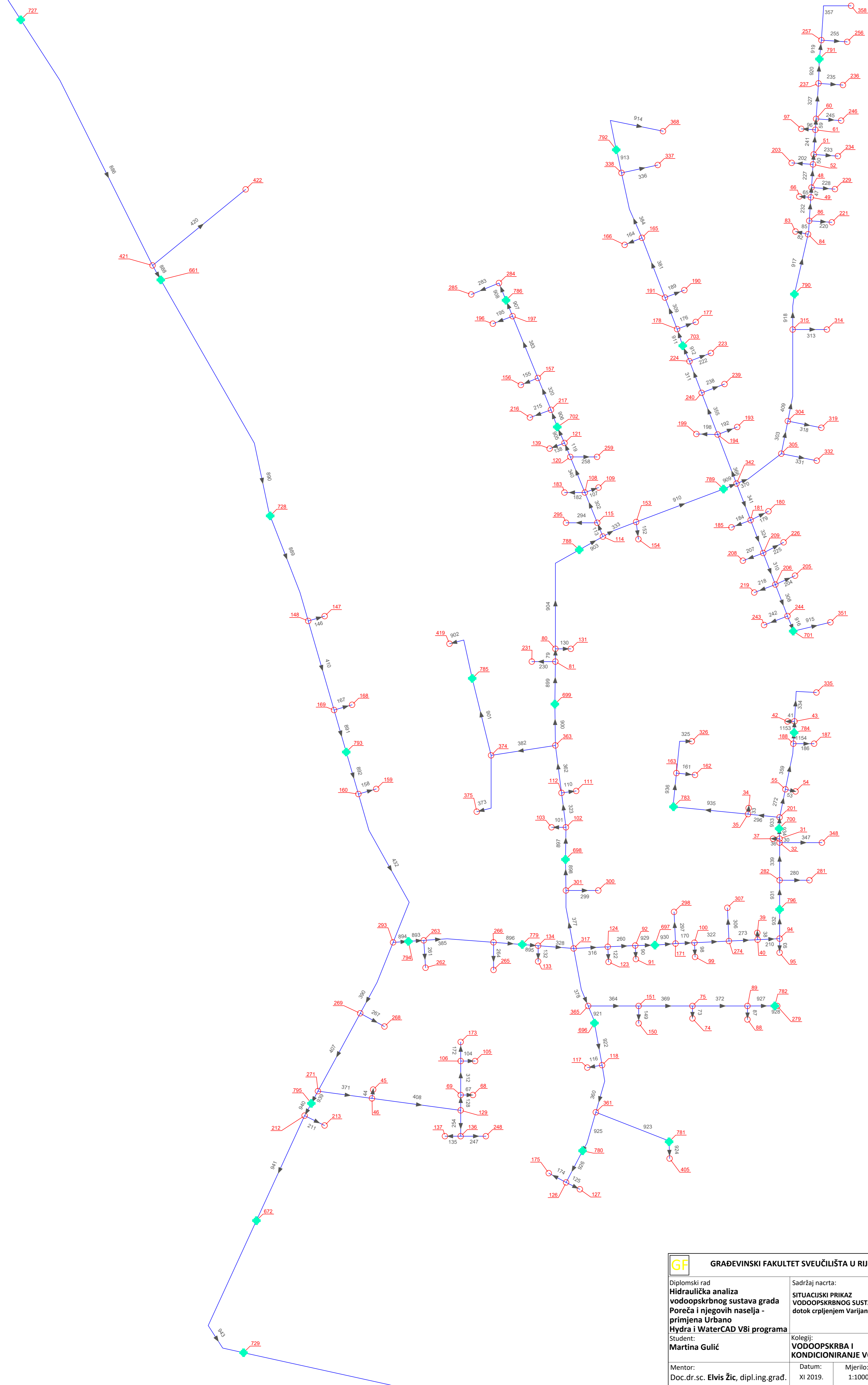


<b>GF</b>	<b>GRADEVINSKI FAKULTET SVEUČILIŠTA U RIJECI</b>		
Diplomski rad <b>Hidraulička analiza</b> vodoopskrbnog sustava grada Poreča i njegovih naselja - primjena Urbano Hydra i WaterCAD V8i programa	Sadržaj nacrt: <b>SITUACIJSKI PRIKAZ</b> VODOOPSKRBNOG SUSTAVA NA DOF KARTI - dotok crpljenjem Varijanta 2		
Student: <b>Martina Gulić</b>	Kolegij: <b>VODOOPSKRBA I</b> <b>KONDIIONIRANJE VODA</b>		
Mentor: Doc.dr.sc. <b>Elvis Žic</b> , dipl.ing.grad.	Datum: XI 2019.	Mjerilo: 1:5000	List: 8.3



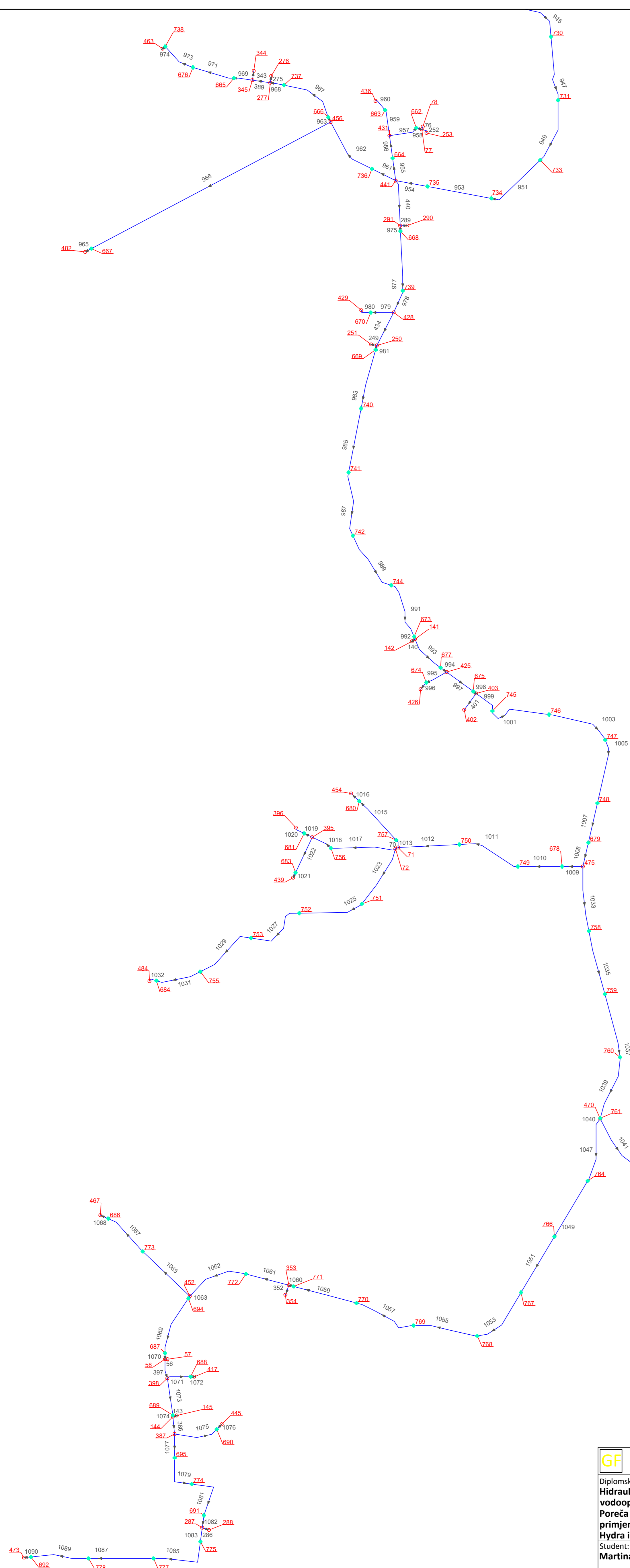


**SITUACIJSKI PRIKAZ VODOOPSKRBNOG SUSTAVA - dotok crpljenjem Varijanta 2  
M 1:1000**



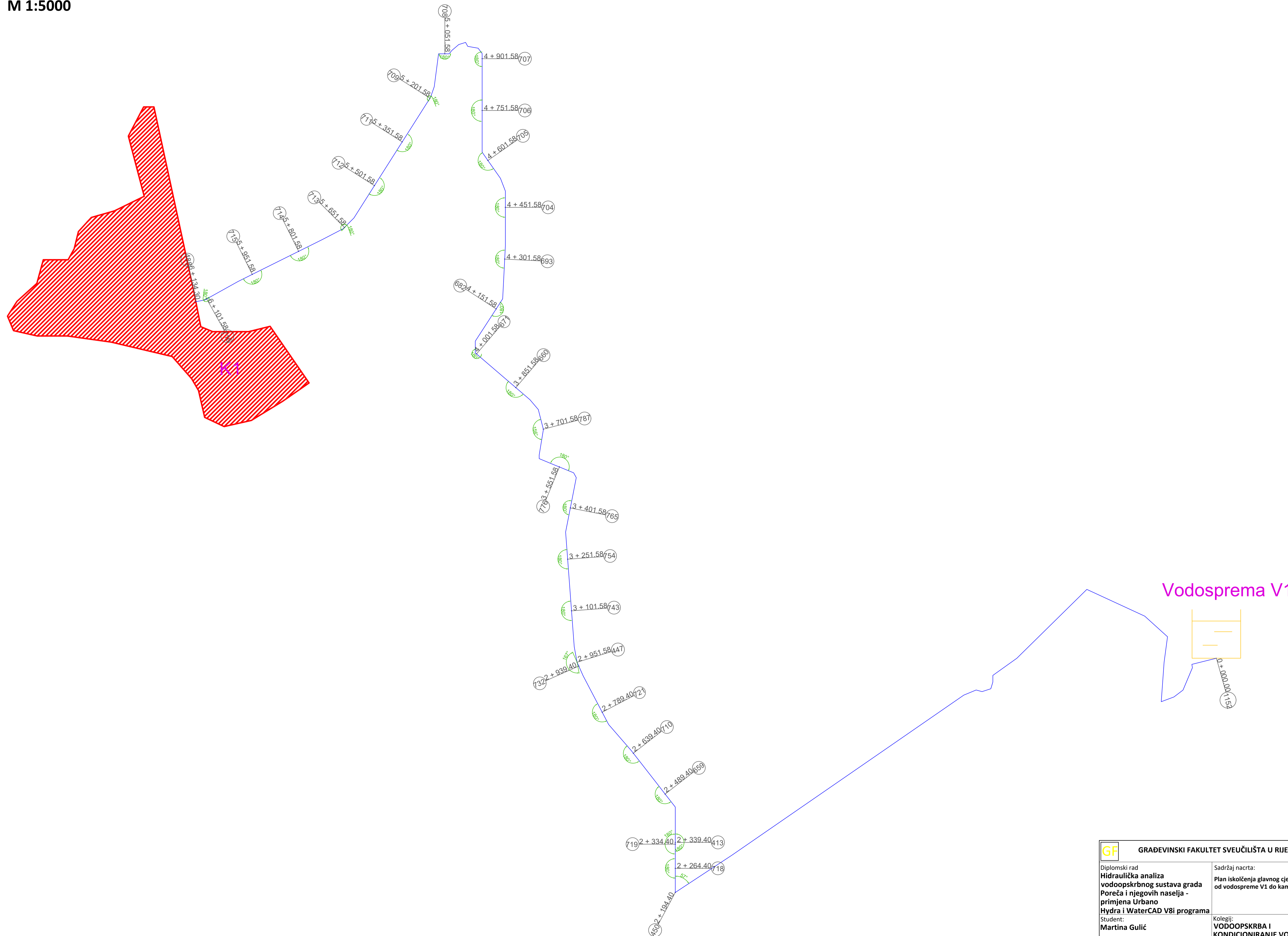
<b>GF</b> GRADEVINSKI FAKULTET SVEUČILIŠTA U RIJECI			
Diplomski rad <b>Hidraulička analiza vodoopskrbnog sustava grada Poreča i njegovih naselja - primjena Urbano Hydra i WaterCAD V8i programa</b>		Sadržaj nacrt: <b>SITUACIJSKI PRIKAZ VODOOPSKRBNOG SUSTAVA - dotok crpljenjem Varijanta 2</b>	
Student: <b>Martina Gulić</b>		Kolegij: <b>VODOOPSKRBA I KONDICIONIRANJE VODA</b>	
Mentor: <b>Doc.dr.sc. Elvis Žic, dipl.ing.grad.</b>	Datum: <b>XI 2019.</b>	Mjerilo: <b>1:1000</b>	List: <b>9.2</b>

**SITUACIJSKI PRIKAZ VODOOPSKRBNOG SUSTAVA - dotok crpljenjem Varijanta 2  
M 1:5000**



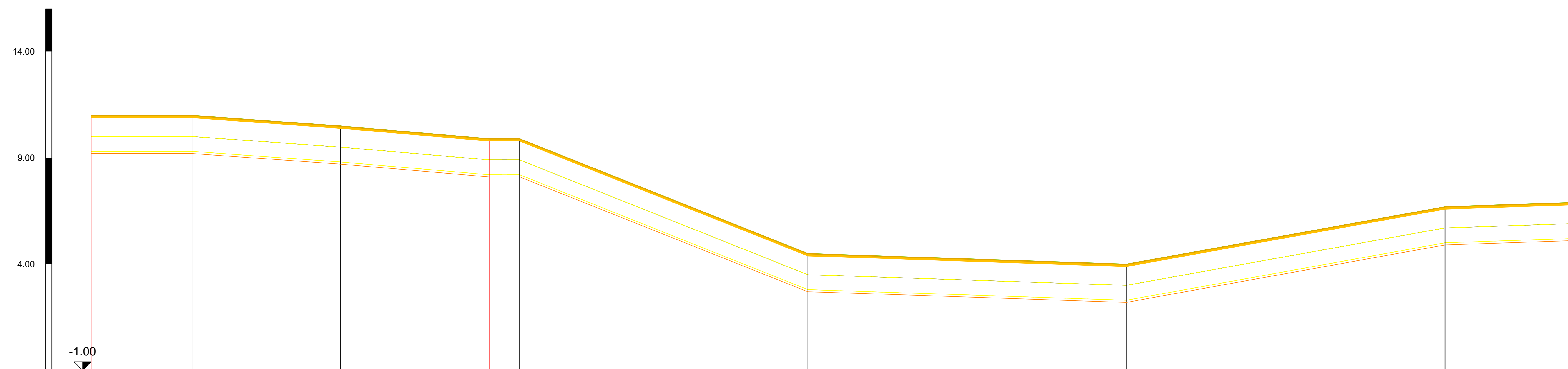
GF	GRADEVINSKI FAKULTET SVEUČILIŠTA U RIJECI
	<p>Diplomski rad  <b>Hidraulička analiza vodoopskrbnog sustava grada Poreča i njegovih naselja - primjena Urbano Hydra i WaterCAD V8i programa</b></p> <p>Student:  <b>Martina Gulić</b></p> <p>Mentor:  <b>Doc.dr.sc. Elvis Žic, dipl.ing.grad.</b></p>
<p>Sadržaj nacrt:  <b>SITUACIJSKI PRIKAZ VODOOPSKRBNOG SUSTAVA - dotok crpljenjem Varijanta 2</b></p>	
<p>Kolegij:  <b>VODOOPSKRBA I KONDICIONIRANJE VODA</b></p>	
Datum: XI 2019.	Mjerilo: 1:5000
List: 9.3	

Plan iskolčenja glavnog cjevovoda od vodospreme V1 do kampa K1  
M 1:5000



<b>GF</b> GRAĐEVINSKI FAKULTET SVEUČILIŠTA U RIJECI			
Diplomski rad <b>Hidraulička analiza vodoopskrbnog sustava grada Poreča i njegovih naselja - primjena Urbano Hydra i WaterCAD V8i programa</b>		Sadržaj nacрта: Plan iskolčenja glavnog cjevovoda od vodospreme V1 do kampa K1	
Student: <b>Martina Gulić</b>		Kolegij: <b>VODOOPSKRBA I KONDICIONIRANJE VODA</b>	
Mentor: Doc.dr.sc. <b>Elvis Žic</b> , dipl.ing.grad.	Datum: XI 2019.	Mjerilo: 1:5000	List: 10

**Uzdužni profil dionice od 450 do 392**  
**M 1:1000/100**



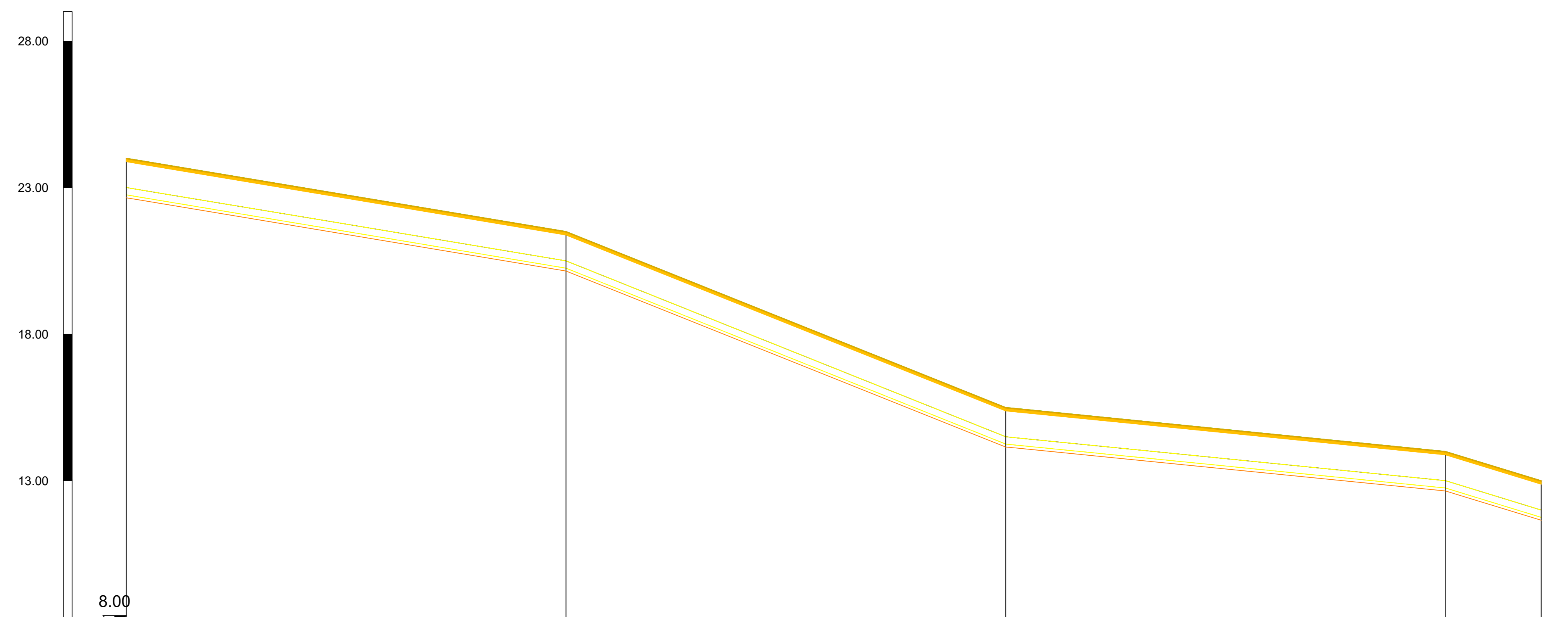
Naziv	450	720	722	63	797	723	724	725	392
Visina terena [m.n.m.]	11.00	11.00	10.50	9.90	9.90	4.50	4.00	6.70	6.90
Visina nivelete [m.n.m.]	10.00	10.00	9.50	8.90	8.90	3.00	3.00	5.70	5.90
Dubina nivelete [m]	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.50	1.00	1.00	1.00
Visina dna rova [m.n.m.]	9.50	9.50	8.70	8.10	8.10	2.70	2.20	4.90	5.10
Dubina dna rova [m]	1.50	1.50	1.80	1.80	1.80	1.80	1.80	1.80	1.80
Duljina dionice [m]		47.50	70.00	14.31	135.69		150.00		59.14
Pad [%]		0.00	0.71	0.96	0.20	3.98	0.33	-1.80	-0.34
Materijal cijevi	LJ 2								
Nazivni promjer cijevi [mm]	700.00								
Horizontalni kut [°] - Otklon		0.00°	0.00°	3.98°	0.44°		0.00°		0.00°
Vertikalni kut - Otklon			0.41°	0.89°	0.29°		1.32°		0.34°
Piezometar [m]		82.5	80.0	82.5	82.1	82.0	82.0	82.3	82.1
Stacionaže čvorova		47.50 m	70.00 m	70.00 m	14.31 m	135.69 m	150.00 m	150.02 m	59.14 m
Duljina/Pad		47.50 m / 0.00%	70.00 m / 0.71%	14.31 m / 0.96%	135.69 m / 0.20%	150.00 m / 3.98%	150.02 m / 0.33%	59.14 m / -1.80%	59.14 m / -0.34%
Shema topologije čvora									

**LEGENDA:**

- asfalt
- cijev s pješčanom posteljicom
- dno rova

<b>GF GRADEVINSKI FAKULTET SVEUČILIŠTA U RIJECI</b>	
Diplomski rad <b>Hidraulička analiza</b> vodoopskrbnog sustava grada Poreča i njegovih naselja - primjena Urbano Hydra i WaterCAD V8i programa	Sadržaj nacrtu: Uzdužni profil dionice od 450 do 392
Student: <b>Martina Gulić</b>	Kolegi: <b>VODOOPSKRBA I KONDICIONIRANJE VODA</b>
Mentor: Doc.dr.sc. <b>Elvis Žic</b> , dipl.ing.grad.	Datum: XI 2019. Mjerilo: 1:1000/100. List: 11

**Uzdužni profil dionice od 713 do 488**  
**M 1:1000/100**



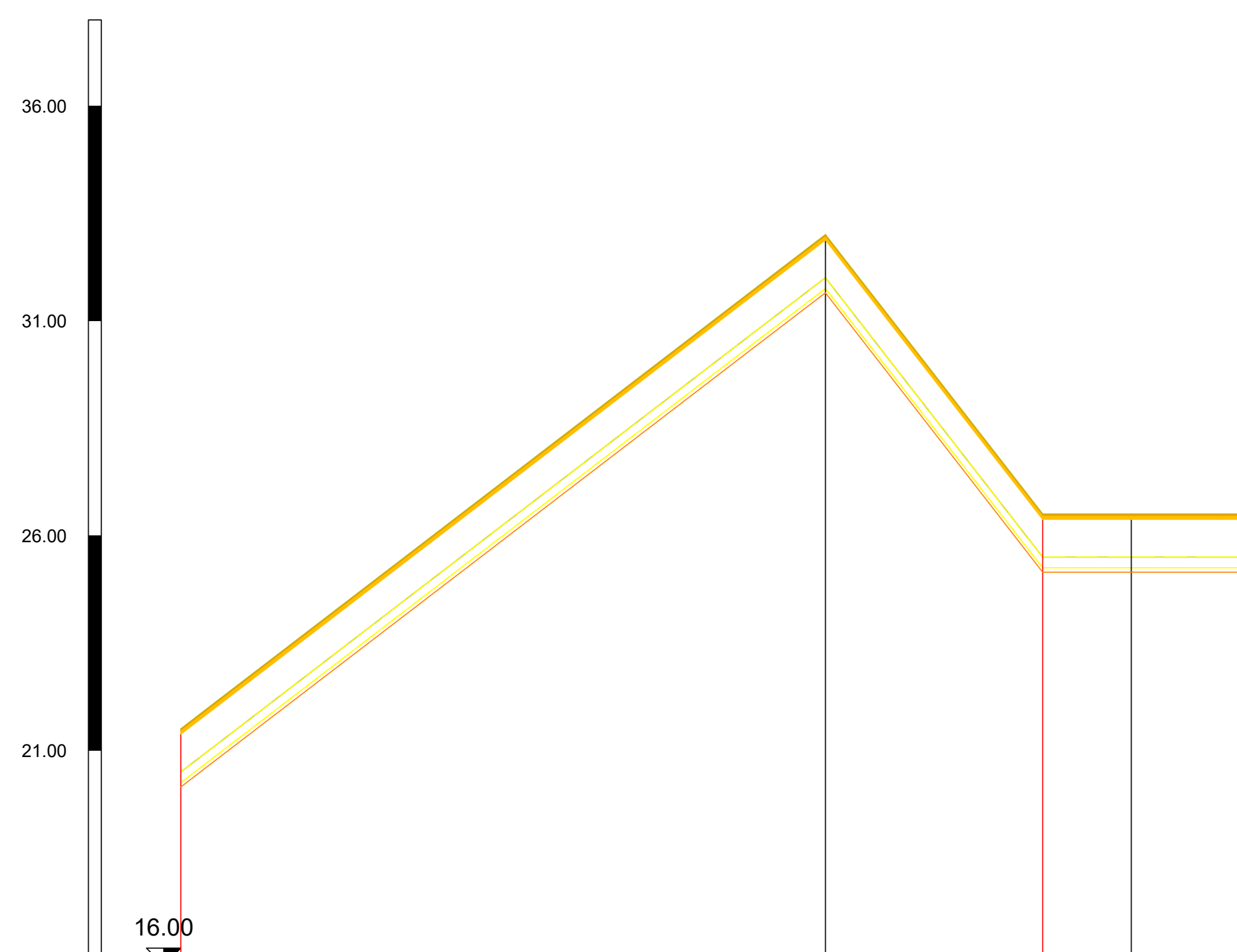
Naziv	713	714	715	716	488
Visina terena [m.n.m.]	24.00	21.00	15.00	14.00	13.00
Visina nivelete [m.n.m.]	22.00	20.00	14.00	13.00	12.00
Dubina nivelete [m]	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
Visina dna rova [m.n.m.]	22.06	20.15	14.15	13.06	11.06
Dubina dna rova [m]	1.36	1.35	1.35	1.35	1.35
Duljina dionice [m]			100.00		32.72
Pad [%]		1.67	4.00	1.00	3.06
Materijal cijevi			Lj. ž.		
Nazivni promjer cijevi [mm]			250.00		
Horizontalni kut [°] - Otklon		0.00°	0.00°	0.00°	0.00°
Vertikalni kut - Otklon		-1.34°	1.32°	-1.10°	-1.10°
Piezometar [m]	16.83	16.86	16.94	16.83	16.61
Stacionaže čvorova					
Duljina/Pad		100.02 m / 1.67 %	150.12 m / 4.00 %	150.01 m / 1.00 %	32.72 m / 3.06 %
Shema topologije čvora					

**LEGENDA:**

- asfalt
- cijev s pješčanom posteljicom
- dno rova

<b>GRADEVINSKI FAKULTET SVEUČILIŠTA U RIJECI</b> Diplomski rad <b>Hidraulička analiza</b> <b>vodopskrbnog sustava grada</b> <b>Poreča i njegovih naselja -</b> <b>primjena Urbano</b> <b>Hydra i WaterCAD V8i programa</b> Student: <b>Martina Gulić</b>	Sadržaj nacrt: <b>Uzdužni profil dionice od 713 do 488</b>		
	Kolegij: <b>VODOOPSKRBA I</b> <b>KONDIIONIRANJE VODA</b>		
Mentor: Doc.dr.sc. <b>Elvis Žic</b> , dipl.ing.građ.	Datum: XI 2019.	Mjerilo: 1:1000/100	Lišt: 12

**Uzdužni profil dionice od 72 do 396**  
**M 1:1000/100**



Naziv	72	756	395	396	396
Visina terena [m.n.m.]	21.50	33.00	26.50	26.50	26.50
Visina nivelete [m.n.m.]	22.50	32.00	25.00	25.00	25.00
Dubina nivelete [m]	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
Visina dna rova [m.n.m.]	20.50	31.00	25.50	25.50	25.50
Dubina dna rova [m]	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
Duljina dionice [m]		150.00	50.54	20.61	25.28
Pad [%]		-2.67	12.86	0.00	
Materijal cijevi	L.J.Ž.				
Nazivni promjer cijevi [mm]	250.00				
Horizontalni kut [°] - Otklon			0.00°	0.00°	0.00°
Vertikalni kut - Otklon		117.71°	7.37°	0.00°	
Piezometar [m]	40.00	40.48	40.41	40.41	40.38
Stacionaže čvorova		100.44 m	150.98 m	201.59 m	227.87 m
Duljina/Pad		100.44 m	7.67%	12.86%	50.96 m / 0.00%
Schema topologije čvora					

**LEGENDA:**

- asfalt
- cijev s pješanom posteljom
- dno rova

**GF GRAĐEVINSKI FAKULTET SVEUČILIŠTA U RIJECI**

Diplomski rad  
**Hidraulička analiza vodoopskrbnog sustava grada Poreča i njegovih naselja - primjena Urbano Hydra i WaterCAD V8i programa**

Student:  
**Martina Gulić**

Mentor:  
Doc.dr.sc. Elvis Žić, dipl.ing.grad.

Sadržaj nacrtā:  
Uzdužni profil dionice od 72 do 396

Kolegij:  
**VODOOPSKRBA I KONDICIONIRANJE VODA**

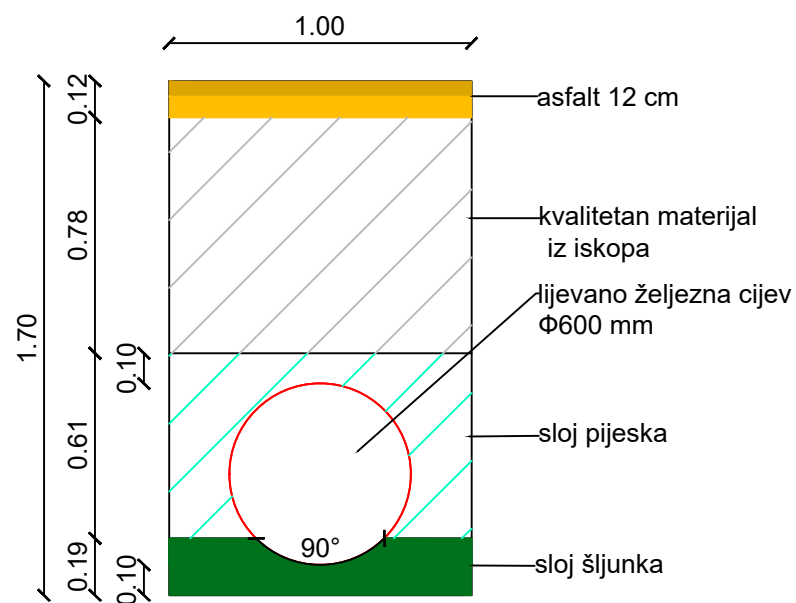
Datum:  
XI 2019.

Mjerilo:  
1:1000/100

List:  
13

# Karakteristični presjek rova

## M 1:25



**GF**

**GRAĐEVINSKI FAKULTET SVEUČILIŠTA U RIJECI**

Diplomski rad  
**Hidraulička analiza**  
**vodoopskrbnog sustava grada**  
**Poreča i njegovih naselja -**  
**primjena Urbano**  
**Hydra i WaterCAD V8i programa**

Sadržaj nacрта:  
**Karakteristični presjek rova**

Student:  
**Martina Gulić**

Kolegij:  
**VODOOPSKRBA I**  
**KONDICIONIRANJE VODA**

Mentor:  
 Doc.dr.sc. **Elvis Žic**, dipl.ing.građ.

Datum:  
 XI 2019.

Mjerilo:  
 1:25

List:  
 14