

Univerza  
v Ljubljani  
Fakulteta  
*za gradbeništvo  
in geodezijo*

*Janova 2  
1000 Ljubljana, Slovenija  
telefon (01) 47 68 500  
faks (01) 42 50 681  
fgg@fgg.uni-lj.si*



Univerzitetni študij vodarstva in  
komunalnega inženirstva

Kandidat:

**Rok Avsec**

# **Idejne rešitve odvodnje odpadnih voda za naselja od Golnika do Mlake pri Kranju**

**Diplomska naloga št.: 153**

**Mentor:**

prof. dr. Boris Kompare

**Somentor:**

asist. dr. Matej Uršič

Ljubljana, 2010

## **IZJAVA O AVTORSTVU**

Podpisani **ROK AVSEC** izjavljam, da sem avtor diplomske naloge z naslovom: »**IDEJNE REŠITVE ODVODNJE ODPADNIH VODA ZA NASELJA OD GOLNIKA DO MLAKE PRI KRANJU**«.

Izjavljam, da se odpovedujem vsem materialnim pravicam iz dela za potrebe elektronske separatoteke FGG.

Ljubljana, 15. oktober 2010

## **IZJAVE O PREGLEDU DIPLOME**

## **BIBLIOGRAFSKO – DOKUMENTACIJSKA STRAN IN IZVLEČEK**

<b>UDK:</b>	<b>628.32(043.2)</b>
<b>Avtor:</b>	<b>Rok Avsec</b>
<b>Mentor:</b>	<b>prof. dr. Boris Kompare</b>
<b>Somentor:</b>	<b>asist. dr. Matej Uršič</b>
<b>Naslov:</b>	<b>Idejne rešitve odvodnje odpadnih voda za naselja od Golnika do Mlake pri Kranju</b>
<b>Obseg in oprema:</b>	<b>80 str., 35 pregl., 20 sl., 16 en., 5 gr.</b>
<b>Ključne besede:</b>	<b>hidravlično dimenzioniranje, črpališče odpadnih voda, mala čistilna naprava</b>

### **Izvleček**

Vodni viri so iz dneva v dan bolj obremenjeni. Za ohranjanje le teh je potrebno posebno pozornost posvetiti odvajanju in čiščenju odpadnih voda, ki je poleg oskrbe s pitno vodo ključnega pomena za ohranjanje in ustvarjanje kvalitetnega okolja ter življenja vseh živih bitij. V diplomski nalogi so predstavljene idejne rešitve odvodnje odpadnih voda na območju naselij od Golnika do Mlake pri Kranju. Značilnost obravnavanega območja je razgibana tipologija terena in razpršena poselitev. Temu primerno so bile zasnovane tri variantne rešitve. Čiščenje odpadnih voda je predvideno na centralni čistilni napravi (CČN) Kranj. Zaradi šibke medsebojne povezave naselij je v zasnovanih idejnih rešitvah za posamezno naselje upoštevana tudi možnost izgradnje male čistilne naprave (MČN). Aproximativna dolžina zasnovanega kanalizacijskega omrežja je 40 km, katerega dejanska dolžina je odvisna od posamezne variantne rešitve. Naloga se zaključuje z analizo skupnih stroškov (investicija + obratovalni in vzdrževalni stroški).

## **BIBLIOGRAPHIC - DOCUMENTALISTIC INFORMATION AND ABSTRACT**

**UDC:** 628.32(043.2)  
**Author:** Rok Avsec  
**Supervisor:** Prof. Boris Kompare, PhD  
**Cosupervisor:** Matej Uršič, PhD  
**Title:** Conceptual solutions to wastewater drainage for the settlements from Golnik to Mlaka at Kranj  
**Notes:** 80 p., 35 tab., 20 fig., 16 eq., 5 ch.  
**Key words:** hydraulic dimensioning, wastewater pumping station, small wastewater treatment plant (WWTP)

### **Abstract**

Day by day, water resources are increasingly burdened. For preserving them it is important to pay special attention to wastewater drainage and treatment that is, next to the supply of drinking water, of key importance for preserving and creating quality environment as well as the life of all living beings. The thesis presents conceptual solutions to wastewater drainage for the settlements from Golnik to Mlaka at Kranj. The area in question is known for the rough typology of the terrain and a dispersed settlement. Accordingly, three possible solutions have been designed. Wastewater treatment is envisaged at the central WWTP in Kranj. According to the designed conceptual solutions for each settlement there is a chance of constructing a small WWTP as the settlements are not well connected among each other. The approximate length of the designed seweraged system is 40 kilometres. Its actual length depends on each possible solution. The thesis closes with an analysis of total cost (an investment + operating and maintenance costs).

## **ZAHVALA**

Zahvaljujem se prof. dr. Borisu Komparetu za mentorstvo, dr. Meti Levstek za strokovno pomoč in vsem, ki so prispevali h končni obliki diplomske naloge. Posebna zahvala gre staršem, ki so mi omogočili študij in me podpirali na poti do diplomske naloge.

Hvala Tini za moralno podporo in vsakodnevni nasmehek.

## KAZALO VSEBINE

<b>1</b>	<b>UVOD</b>	<b>1</b>
<b>1.1</b>	<b>Kanalizacijski sistemi</b>	<b>3</b>
<b>1.2</b>	<b>Čiščenje odpadne vode</b>	<b>5</b>
<b>1.3</b>	<b>Zakonodaja na področju odvajanja in čiščenja komunalne odpadne vode</b>	<b>6</b>
<b>2</b>	<b>ANALIZA OBSTOJEČEGA STANJA</b>	<b>7</b>
<b>2.1</b>	<b>Splošno o Mestni občini Kranj in obravnavanem območju</b>	<b>7</b>
<b>2.1.1</b>	<b>Prebivalstvo</b>	<b>9</b>
<b>2.1.2</b>	<b>Pomembnejši objekti v naseljih</b>	<b>12</b>
<b>2.2</b>	<b>Obstoječe stanje komunalne infrastrukture</b>	<b>13</b>
<b>2.3</b>	<b>Vodotoki</b>	<b>14</b>
<b>3</b>	<b>ZASNOVA KANALIZACIJSKEGA SISTEMA</b>	<b>15</b>
<b>3.1</b>	<b>Predhodna dokumentacija</b>	<b>15</b>
<b>3.2</b>	<b>Izhodišča pri načrtovanju kanalizacijskega sistema</b>	<b>16</b>
<b>3.3</b>	<b>Opis idejnih zasnov</b>	<b>17</b>
<b>3.3.1</b>	<b>Variantna rešitev 1</b>	<b>19</b>
<b>3.3.2</b>	<b>Variantna rešitev 2</b>	<b>21</b>
<b>3.3.3</b>	<b>Variantna rešitev 3</b>	<b>23</b>
<b>4</b>	<b>HIDRAVLIČNO DIMENZIONIRANJE KANALIZACIJSKEGA SISTEMA</b>	<b>25</b>
<b>4.1</b>	<b>Prirast prebivalstva</b>	<b>25</b>
<b>4.2</b>	<b>Dimenzioniranje kanalov</b>	<b>27</b>
<b>4.3</b>	<b>Hidravlični izračun</b>	<b>31</b>
<b>4.3.1</b>	<b>Variantna rešitev 1</b>	<b>31</b>
<b>4.3.2</b>	<b>Variantna rešitev 2</b>	<b>32</b>
<b>4.3.3</b>	<b>Variantna rešitev 3</b>	<b>34</b>

<b>5</b>	<b>ČRPALIŠČA</b>	<b>37</b>
<b>5.1</b>	<b>Izhodišča pri dimenzioniranju črpališč</b>	<b>38</b>
<b>5.1.1</b>	<b>Dotok na črpališče</b>	<b>38</b>
<b>5.1.2</b>	<b>Hitrost tekočine v cevovodu</b>	<b>38</b>
<b>5.1.3</b>	<b>Tlačne izgube</b>	<b>39</b>
<b>5.1.4</b>	<b>Višina črpanja</b>	<b>41</b>
<b>5.1.5</b>	<b>Izbira črpalke</b>	<b>42</b>
<b>5.1.6</b>	<b>Dimenzije črpalnega jaška</b>	<b>43</b>
<b>5.2</b>	<b>Izračun črpališč</b>	<b>44</b>
<b>5.2.1</b>	<b>Variantna rešitev 1</b>	<b>44</b>
<b>5.2.2</b>	<b>Variantna rešitev 2</b>	<b>47</b>
<b>5.2.3</b>	<b>Variantna rešitev 3</b>	<b>47</b>
<b>6</b>	<b>MALE ČISTILNE NAPRAVE</b>	<b>48</b>
<b>6.1</b>	<b>Izbrane velikosti čistilnih naprav</b>	<b>49</b>
<b>6.2</b>	<b>Biološka čistilna naprava HiPAF</b>	<b>52</b>
<b>6.2.1</b>	<b>Moduli čistilne naprave</b>	<b>52</b>
<b>6.2.2</b>	<b>Proces čiščenja v čistilni napravi</b>	<b>54</b>
<b>6.2.3</b>	<b>Dimenzije čistilnih naprav</b>	<b>58</b>
<b>6.2.4</b>	<b>Količina blata za odvoz</b>	<b>59</b>
<b>6.2.5</b>	<b>Obratovalni monitoring in vzdrževanje čistilne naprave</b>	<b>59</b>
<b>7</b>	<b>ANALIZA INVESTICIJSKIH IN OBRATOVALNIH STROŠKOV</b>	<b>62</b>
<b>7.1</b>	<b>Investicijska vrednost</b>	<b>63</b>
<b>7.2</b>	<b>Letni obratovalni in vzdrževalni stroški</b>	<b>67</b>
<b>7.3</b>	<b>Primerjava stroškov</b>	<b>72</b>
<b>8</b>	<b>ZAKLJUČEK</b>	<b>76</b>
	<b>VIRI</b>	<b>78</b>
	<b>GRAFIČNE PRILOGE</b>	



## KAZALO PREGLEDNIC

Preglednica 2.1: Nadmorska višina posameznega naselja	9
Preglednica 2.2: Št. prebivalcev od leta 1999 do 2007	10
Preglednica 2.3: Prirast prebivalstva v obdobju od leta 1999 do 2007	11
Preglednica 2.4: Vodotoki na obravnavanem območju	14
Preglednica 4.1: Predvideno št. prebivalcev leta 2057	26
Preglednica 4.2: Gibanje porabe vode v odvisnosti od velikosti naselja	27
Preglednica 4.3: Dotok tuje vode v odvisnosti od priključne površine, dolžine ter premera kanala	27
Preglednica 4.4: Hidravlični izračun – variantna rešitev 1	31
Preglednica 4.5: Dimenzije kanalov – variantna rešitev 1	32
Preglednica 4.6: Hidravlični izračun – variantna rešitev 2	33
Preglednica 4.7: Dimenzije kanalov – variantna rešitev 2	34
Preglednica 4.8: Hidravlični izračun – variantna rešitev 3	35
Preglednica 4.9: Dimenzije kanalov – variantna rešitev 3	36
Preglednica 5.1: Dotok na črpališče	44
Preglednica 5.2: Polietilenske cevi	45
Preglednica 5.3: Izbrane cevi in tlačne izgube	45
Preglednica 5.4: Višina črpanja, nazivna moč črpalke in volumen črpalne komore	46
Preglednica 5.5: Dimenzije črpalnega jaška	46
Preglednica 6.1: Tipično onesnaženje ene odrasle osebe v enem dnevu	49
Preglednica 6.2: Mejne vrednosti za koncentracijo neraztopljenih snovi, amonijevega in celotnega dušika, KPK ter BPK <sub>5</sub>	50
Preglednica 6.3: Mejni vrednosti za KPK in BPK <sub>5</sub> na iztoku male čistilne naprave	51
Preglednica 6.4: Izbrane velikosti čistilnih naprav	51
Preglednica 6.5: Dimenzije predvidenih čistilnih naprav	58
Preglednica 6.6: Količina blata za odvoz	59
Preglednica 6.7: Pogostost prvih meritev za komunalne in skupne čistilne naprave	60
Preglednica 6.8: Letno število meritev odpadne vode in mesečno vzdrževanje čistilne	

naprave	61
Preglednica 7.1: Investicijska vrednost variantne rešitve 1	64
Preglednica 7.2: Investicijska vrednost variantne rešitve 2	65
Preglednica 7.3: Investicijska vrednost variantne rešitve 3	66
Preglednica 7.4: Obratovalni in vzdrževalni strošek variantne rešitve 1	69
Preglednica 7.5: Obratovalni in vzdrževalni strošek variantne rešitve 2	70
Preglednica 7.6: Obratovalni in vzdrževalni strošek variantne rešitve 3	71
Preglednica 7.7: Investicijska vrednost posamezne variantne rešitve	72
Preglednica 7.8: Letni, 25 in 50 letni obratovalni stroški posamezne variante rešitve	72
Preglednica 7.9: Skupni letni, 25 in 50 letni stroški posamezne variantne rešitve	73

## KAZALO SLIK

Slika 1.1: Gravitacijski (težnostni) kanalizacijski sistem	3
Slika 1.2: Tlačni kanalizacijski sistem	3
Slika 1.3: Podtlačni (vakuumski) kanalizacijski sistem	4
Slika 2.1: Mestna občina Kranj v prostoru	7
Slika 2.2: Pregledna karta Mestne občine Kranj	8
Slika 3.1: Prostorski prikaz obravnavanih naselij	18
Slika 3.2: Situativni (konceptualni) prikaz variantne rešitve 1	20
Slika 3.3: Situativni (konceptualni) prikaz variantne rešitve 2	22
Slika 3.4: Situativni (konceptualni) prikaz variantne rešitve 3	24
Slika 5.1: Shematski prikaz črpališča	40
Slika 5.2: Črpališče »suhe« izvedbe s centrifugalno črpalko	42
Slika 5.3: Črpališče »mokre« izvedbe s potopno črpalko	42
Slika 5.4: Shema črpalnega jaška	43
Slika 6.1: Primer vgrajene modularne čistilne naprave HiPAF	52
Slika 6.2: 3D grafični prikaz čistilne naprave HiPAF – srednja velikost	53
Slika 6.3: Primer srednje čistilne naprave HiPAF in kioska	54
Slika 6.4: Aerobna stopnja – vpihovanje zraka preko talnih difuzorjev	55
Slika 6.5: Nosilni elementi v aerobni stopnji	56
Slika 6.6: Puhalo, avtomatska kontrolna ventila in razdelilnik zraka	57
Slika 6.7: Proces čiščenja v čistilni napravi HiPAF – srednja velikost	57

## **KAZALO GRAFIKONOV**

Graf 2.1: Gibanje prebivalstva v obdobju od leta 1999 do 2007	10
Graf 7.1: Primerjava investicijske vrednosti posamezne variantne rešitve	73
Graf 7.2: Skupni letni stroški posamezne variantne rešitve	74
Graf 7.3: Skupni 25 letni stroški posamezne variantne rešitve	74
Graf 7.4: Skupni 50 letni stroški posamezne variantne rešitve	75



## 1 UVOD

V prazgodovini je bil razvoj človeka tesno povezan z naravnimi in geografskimi spremembami. Minljivost njegovega življenja je bila tako še bolj izrazna. Danes pa je človek z razvojem znanja in tehnologije povzdignil minljivost svojega življenja nad »mogočnostjo« narave. Naravno ravnovesje se je porušilo. To se odraža tudi na vedno bolj obremenjenih vodnih virih. Za ohranjanje le teh je potrebno posebno pozornost posvetiti odvajanju in čiščenju odpadnih voda, saj ima lahko prekomerno onesnaževanje, ki je rezultat neprimerne ravnanja z odpadno vodo, usodne posledice. Zato je odvajanje in čiščenje odpadnih voda poleg oskrbe s pitno vodo ključnega pomena za ohranjanje in ustvarjanje kvalitetnega okolja ter življenja vseh živih bitij. Potrebno je zavedanje, da se skrb za okolje začne pri slehernem posamezniku.

Osnovno načelo odvajanja in čiščenja odpadnih voda je vračanja vode nazaj v njen naravni krogotok in obsega:

- načrtno zbiranje odpadnih voda,
- odvajanje odpadnih voda od povzročiteljev do čistilnih naprav,
- odstranjevanje in čiščenje vseh nečistoč iz odpadne voda,
- vračanje v naravni krogotok.

Potrebno je zagotoviti, da se vse odpadne vode očistijo do te mere, da dolgoročno nimajo negativnega vpliva na okolje in življenje samo. Za odvajanje in čiščenje odpadnih voda potrebujemo ustrezno (komunalno) infrastrukturo, s katero je potrebno opremiti tako urbana kot ruralna okolja. Komunalna infrastruktura namenjena odvodnji in čiščenju odpadnih voda sestoji iz kanalizacijskega sistema in njemu pripadajočih objektov (revizijski jaški, črpališča, čistilne naprave, itd.). Kanalizacijski sistemi so najgloblje ležeča komunalna infrastruktura in hkrati tudi najdražja. Njihovo prilagajanje terenu in spreminjanje je zato najtežje.

Namen diplomske naloge je predstaviti idejne rešitve odvodnje odpadnih voda za naselja od Golnika do Mlake pri Kranju. Poleg naselja Golnik in Mlake pri Kranju se bo komunalno

opremljalo še naslednja naselja: Babni vrt, Bobovek, Čadovlje, Goriče, Letenice, Pangršica, Povlje, Srakovlje, Srednja vas, Tatinec, Tenetiše, Trstenik in Žablje. Obravnavano območje je velikosti 150 ha in ima značaj razpršene poselitve.

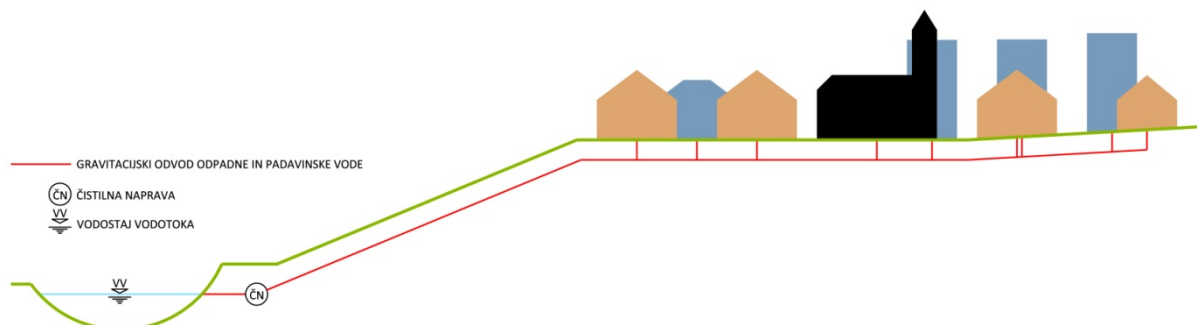
V diplomski nalogi so predstavljene tri variantne rešitve poteka ločenega kanalizacijskega sistema. Prva variantna rešitev je zasnovana tako, da se vsa naselja priključijo na novo kanalizacijsko omrežje. Čiščenje odpadnih voda je predvideno na centralni čistilni napravi Kranj. Zaradi razgibane tipologije terena in razpršene poselitve je naslednja variantna rešitev zasnovana tako, da se zbiranje in čiščenje odpadnih voda za posamezno naselje vrši v malih čistilnih napravah. Zasnova zadnje rešitve pa je izdelana na podlagi sinteze prvih dveh variantnih rešitev, kjer prevladuje »klasična« zasnova (variantna rešitev 1).

Sledi prikaz analize investicijskih in obratovalnih stroškov posamezne variantne rešitve. Potrebno se je zavedati, da je investicija samo eden od stroškov. Ostali stroški nastopijo v času obratovanja kanalizacijskega omrežja in lahko predstavljajo ključno postavko pri samem odločanju med možnimi variantami.

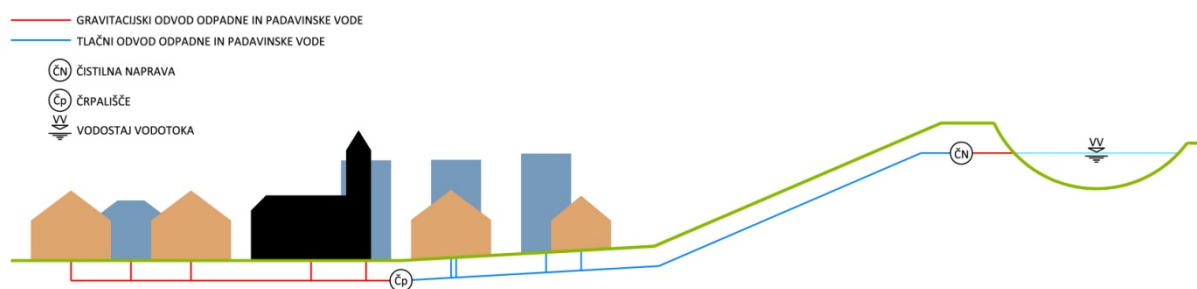
## 1.1 Kanalizacijski sistemi

Kanalizacijski sistemi se praviloma gradijo z gravitacijskim (težnostnim) odvodom, v kolikor konfiguracija terena ter prostorska umestitev poselitvenega območja in čistilne naprave to dopušča. Kot vemo je Slovenija reliefno zelo razgibana in pogosto odvodnja poseljenega območja ali del območja ni izvedljiva z gravitacijskim sistemom odvodnje. Omenjena situacija zahteva različne pristope pri reševanju odvodnje in čiščenja odpadnih voda iz naselij. Tu v prvi vrsti nastopijo možnosti uporabe različnih vrst kanalizacijskih sistemov. Poleg prvo omenjenega težnostnega kanalizacijskega sistema poznamo še tlačni in podtlačni ali t.i. vakuumski kanalizacijski sistem. Na drugi strani, pri poseljenih območjih z medsebojno šibko povezavo, nastopi možnost odvodnje odpadnih voda na lokalne oz. male čistilne naprave za posamezno območje poselitve (Avsec, 2010).

V nadaljevanju je predstavljen shematični prikaz kanalizacijskih sistemov, ki se razvrščajo v odvisnosti od konfiguracije terena.

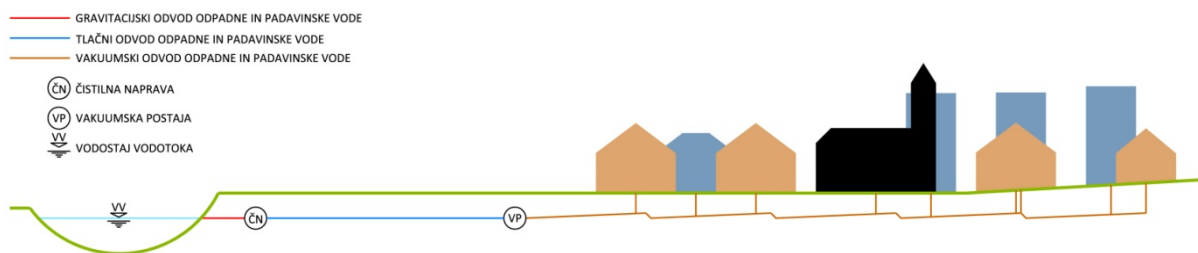


Slika 1.1: Gravitacijski (težnostni) kanalizacijski sistem (Avsec, 2010)



Slika 1.2: Tlačni kanalizacijski sistem (Avsec, 2010)





Slika 1.3: Podtlačni (vakuumski) kanalizacijski sistem (Avsec, 2010)

## 1.2 Čiščenje odpadne vode

Pravilno zasnovano kanalizacijsko omrežje obsega kanalizacijski sistem, preko katerega se načrtno odvedene odpadne vode zbirajo v čistilni napravi. Čistilna naprava z ustrezno (potrebno) tehnologijo čiščenja pred izpustom v vodno telo te odpadne vode tudi očisti. Na ta način varovanje vodnih teles površinskih in podzemnih voda ni ogroženo.

Z ozirom na potrebne tehnološke postopke za doseganje ustrezne kvalitete iztoka (efluenta) s čistilne naprave (ČN) ločimo tri stopnje čiščenja odpadne vode. I. stopnja čiščenja odpadne vode predstavlja mehansko čiščenje. Na tej stopnji z mehanskimi postopki odstranimo večje neraztopljene delce onesnaženja. Tem odstranljivim delcem pravimo suspendirane snovi. Na II. stopnji čiščenja odpadne vode se odvija odstranjevanje večinoma raztopljenega organskega onesnaženja, ki bi sicer v okolju povzročalo pomanjkanje kisika. Običajno je to biološko čiščenje oz. oksidacija s pomočjo mikroorganizmov. Naslednja, III. stopnja čiščenja služi preprečevanju eutrofikacije, t.j. prekomerne zarasti vodotokov (sekundarna polucija), in sicer odstranjuje še hranila (dušik in fosfor) iz efluenta čistilne naprave. Ta postopek je lahko povsem biološki, povsem kemijski ali pa kombiniran. Biološko čiščenje odpadne vode predstavlja vrsto procesov, s katerimi se odstranjujejo nezaželene snovi iz vode – organsko onesnaženje, dušik, fosfor. Procese vršijo različne vrste mikroorganizmov, ki za svojo prehrano (metabolizem) in razvoj uporabljajo onesnaženje v vodi. Torej, biološko čiščenje je pravzaprav pretvorba onesnaženja v mikrobiološko maso. S postopkom biološkega čiščenja izločamo iz odpadne vode predvsem tiste raztopljene in suspendirane snovi organskega izvora, ki služijo mikroorganizmom za presnovo. Uspešen potek postopka biološkega čiščenja je torej pogojen z dobrimi pogoji za rast mikroorganizmov, ki jim z drugimi besedami pravimo tudi biološko blato (Kompore et al., 2007).

Z izborom ustrezne tehnologije čiščenja zagotavljamo stopnjo, do katere se bo odpadna voda očistila pred izpustom v okolje. Za manjša naselja in individualne hiše se večinoma uporabljajo: greznice, biološke kompaktne ČN, lagune in rastlinske ČN (Kompore et al., 2007).

### **1.3 Zakonodaja na področju odvajanja in čiščenja komunalne odpadne vode**

Splošna izhodišča za način izvajanja aktivnosti na področju odvajanja in čiščenja komunalne odpadne vode so opredeljena že v Zakonu o javnih gospodarskih službah, Zakonu o lokalni samoupravi, Zakonu o urejanju prostora, Zakonu o varstvu okolja in Zakonu o vodah. V nadaljevanju podajam spisek zakonodaje, katera pokriva področje ravnanja s komunalnimi odpadnimi vodami.

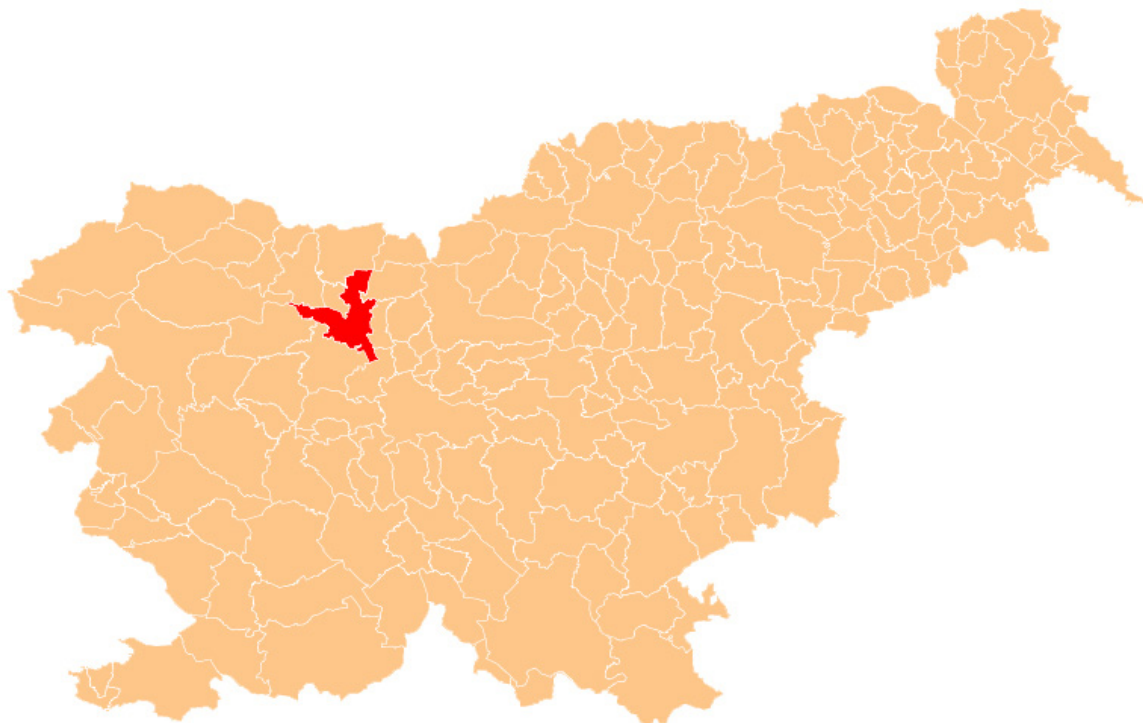
- Pravilnik o nalogah, ki se izvajajo v okviru obvezne občinske gospodarske javne službe odvajanja in čiščenja komunalne in padavinske odpadne vode (Uradni list RS št. 109/2007 in 33/2008).
- Pravilnik o odvajanju in čiščenju komunalne odpadne in padavinske vode (Uradni list RS št. 105/2002 in 50/2004).
- Pravilnik o prvih meritvah in obratovalnem monitoringu odpadnih vod ter o pogojih za njegovo izvajanje (Uradni list RS št. 74/2007).
- Uredba o emisiji snovi in toplote pri odvajanju odpadnih vod v vode in javno kanalizacijo (Uradni list RS št. 47/2005, 45/2007 in 79/2009).
- Uredba o emisiji snovi in toplote pri odvajanju odpadnih voda iz virov onesnaževanja (Uradni list RS št. 35/1996 in 21/2003).
- Uredba o emisiji snovi pri odvajanju odpadnih vod iz komunalnih čistilnih naprav (Uradni list RS št. 45/2007 in 63/2009).
- Uredba o emisiji snovi pri odvajanju odpadnih vod iz malih komunalnih čistilnih naprav (Uradni list RS št. 98/2007 in 30/2010).
- Uredba o okoljski dajatvi za onesnaževanje okolja zaradi odvajanja odpadnih voda (Uradni list RS št. 104/2009).

## 2 ANALIZA OBSTOJEČEGA STANJA

### 2.1 Splošno o Mestni občini Kranj in obravnavanem območju

Kranj je slikovito zgodovinsko mesto v SZ predelu Slovenije na skalnatem pomolu med gorskima rekama Savo in Kokro. Leži na križišču pomembnih prometnih poti, ki povezujejo Severno Evropo s Sredozemljem ter Zahodno Evropo z Vzhodno Evropo. Danes je Kranj četrto največje mesto v Sloveniji ter gospodarsko, kulturno in športno središče Gorenjske. Leta 1983 je bil Kranj razglašen za zgodovinski in kulturni spomenik.

Mestna občina Kranj ima povprečno nadmorsko višino 385 m, razprostira se na 150,9 km<sup>2</sup> površine in šteje 53.872 prebivalcev. Sestavljena je iz 26 krajevnih skupnosti in 49 naselij (MOK, 2010).



*Slika 2.1: Mestna občina Kranj v prostoru  
(<http://sl.wikipedia.org/>)*

Naselja Babni vrt, Bobovek, Čadovlje, Golnik, Goriče, Letenice, Mlaka pri Kranju, Pangršica, Povlje, Srakovlje, Srednja vas, Tatinec, Tenetiše, Trstenik in Žablje se nahajajo v mestni občini Kranj.



Slika 2.2: Pregledna karta Mestne občine Kranj

(<http://gis.arso.gov.si/>)

Našteta naselja se razprostirajo na severnem predelu MOK, natančneje od naselja Mlaka pri Kranju proti severu, kjer se zaključijo z naseljem Golnik. Naselji Mlaka pri Kranju in Golnik

sta medseboj povezani z regionalno cesto (oznaka R2-410), ki igra vlogo glavne prometne povezave in preko katere je možno dostopati do ostalih naselij. Omenjeni naselji sta medseboj oddaljeni cca. 7 km in po številu prebivalcev največji med obravnavanimi naselji.

Obravnavano območje ima značaj razpršene poselitve z reliefno razgibanim terenom, ki gravitira od severa proti jugu. Na najnižji točki se nahaja naselje Mlaka pri Kranju t.j. 400 m.n.v. Zaradi reliefnih značilnosti obravnavanega območja sem kot eno od variant predpostavil gravitacijski (težnostni) odvod odpadnih voda.

*Preglednica 2.1: Nadmorska višina posameznega naselja (KALIOPA, 2010)*

naselje	m.n.v.	
	od	do
Babni vrt	530,00	570,00
Bobovek	400,00	410,00
Čadovlje	475,00	495,00
Golnik	440,00	585,00
Goriče	450,00	490,00
Letenice	430,00	435,00
Mlaka pri Kranju	400,00	420,00
Pangršica	460,00	465,00
Povlje*	605,00	635,00
Srakovlje	410,00	435,00
Srednja vas	485,00	510,00
Tatinec	420,00	425,00
Tenetiše	415,00	455,00
Trstenik	485,00	620,00
Žablje*	460,00	470,00

\* Naselja z manj kot 50 prebivalci (50 PE)

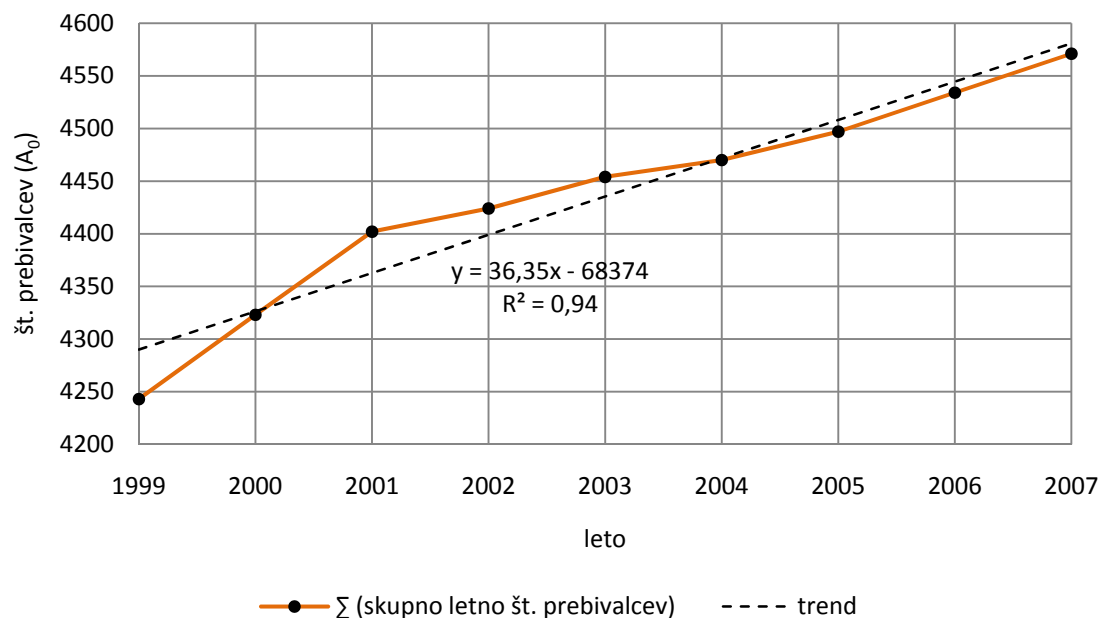
### 2.1.1 Prebivalstvo

Na podlagi podatkov Statističnega urada RS je za obravnavana naselja prikazano letno gibanje prebivalstva od leta 1999 do 2007. Rezultati so prikazani v preglednici 2.2 in na grafu 2.1.

Preglednica 2.2: Št. prebivalcev od leta 1999 do 2007

naselje	št. prebivalcev ( $A_0$ )								
	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007
Babni vrt	56	54	54	53	53	53	53	53	55
Bobovek	137	137	140	140	144	143	145	141	143
Čadovlje	91	90	98	98	102	108	106	103	103
Golnik	1028	1051	1062	1048	1056	1045	1037	1055	1064
Goriče	340	346	348	351	350	352	362	368	372
Letenice	111	111	111	108	108	107	107	108	109
Mlaka pri Kranju	1451	1495	1529	1548	1555	1566	1579	1583	1596
Pangršica	60	58	60	63	66	70	71	72	74
Povlje*	20	25	28	29	31	31	34	35	37
Srakovlje	84	81	81	82	81	82	84	97	98
Srednja vas	101	99	96	94	93	96	90	87	82
Tatinec	59	59	59	59	63	60	62	58	62
Tenetiše	373	380	394	398	398	401	405	401	399
Trstenik	296	301	306	318	319	319	325	336	339
Žablje*	36	36	36	35	35	37	37	37	38
$\Sigma$	4243	4323	4402	4424	4454	4470	4497	4534	4571

\* Naselja z manj kot 50 prebivalci (50 PE)



Graf 2.1: Gibanje prebivalstva v obdobju od leta 1999 do 2007

Pri načrtovanju kanalizacijskega sistema in čistilnih naprav je potrebno upoštevati število prebivalcev na kanaliziranem območju, kot ga pričakujemo ob izteku amortizacijske dobe omrežja in objektov.

Na podlagi podatkov o dosedanjem razvoju sem izračunal procent naraščanja prebivalstva v obdobju od leta 1999 do 2007. Iz podrobnejše analize (*Preglednica 2.3: Prirast prebivalstva v obdobju od leta 1999 do 2007*) gibanja prebivalstva je razvidno, da je število prebivalcev v obravnavanih naseljih v povprečju iz leta v leto naraščalo. Prirast števila prebivalcev po naseljih pa ima negativen trend (*Preglednica 2.3, stolpec 99 – 07*) za naselja Babni vrt, Letenice in Srednja vas. V opazovanem obdobju je prebivalstvo obravnavanega območja na letni ravni naraščalo v povprečju za 1,27 odstotka.

*Preglednica 2.3: Prirast prebivalstva v obdobju od leta 1999 do 2007*

naselje	prirast prebivalstva (p)								
	[%]								
	99 - 00	00 - 01	01 - 02	02 - 03	03 - 04	04 - 05	05 - 06	06 - 07	99 - 07
Babni vrt	-3,57	0,00	-1,85	0,00	0,00	0,00	0,00	3,77	-0,21
Bobovek	0,00	2,19	0,00	2,86	-0,69	1,40	-2,76	1,42	0,55
Čadovlje	-1,10	8,89	0,00	4,08	5,88	-1,85	-2,83	0,00	1,63
Golnik	2,24	1,05	-1,32	0,76	-1,04	-0,77	1,74	0,85	0,44
Goriče	1,76	0,58	0,86	-0,28	0,57	2,84	1,66	1,09	1,13
Letenice	0,00	0,00	-2,70	0,00	-0,93	0,00	0,93	0,93	-0,22
Mlaka pri Kranju	3,03	2,27	1,24	0,45	0,71	0,83	0,25	0,82	1,20
Pangršica	-3,33	3,45	5,00	4,76	6,06	1,43	1,41	2,78	2,69
Povlje*	25,00	12,00	3,57	6,90	0,00	9,68	2,94	5,71	8,23
Srakovlje	-3,57	0,00	1,23	-1,22	1,23	2,44	15,48	1,03	2,08
Srednja vas	-1,98	-3,03	-2,08	-1,06	3,23	-6,25	-3,33	-5,75	-2,53
Tatinec	0,00	0,00	0,00	6,78	-4,76	3,33	-6,45	6,90	0,72
Tenetiše	1,88	3,68	1,02	0,00	0,75	1,00	-0,99	-0,50	0,86
Trstenik	1,69	1,66	3,92	0,31	0,00	1,88	3,38	0,89	1,72
Žablje*	0,00	0,00	-2,78	0,00	5,71	0,00	0,00	2,70	0,70
p <sub>Sr</sub>	1,47	2,18	0,41	1,62	1,12	1,06	0,76	1,51	1,27

\* Naselja z manj kot 50 prebivalci (50 PE)



### **2.1.2 Pomembnejši objekti v naseljih**

V naselju Golnik se nahaja Bolnišnica Golnik – KOPA (klinični oddelek za pljučne bolezni in alergijo), ki je velik porabnik vode oz. povzročitelj odpadne vode in predstavlja dodatni utežni faktor pri dimenzioniranju kanalizacijskega sistema. Preostala naselja ne beležijo večjih porabnikov vode. Delež obremenitve, ki ga prispeva omenjena bolnišnica je prikazan v nadaljevanju.

## **2.2 Obstoječe stanje komunalne infrastrukture**

Naselje Mlaka pri Kranju je opremljeno z nedokončano fekalno kanalizacijo, trenutno je zgrajen primarni fekalni kanal, ki poteka v Golniški cesti (regionalna cesta z oznaka R2-410). V prihodnosti je predvidena dograditev sekundarnih kanalov, kateri bodo omogočali priključitev objektov na javno kanalizacijsko omrežje in dalje na centralno čistilno napravo (CČN) Kranj. Poleg nedokončane fekalne kanalizacije je naselje opremljeno tudi z kanalizacijo mešanega tipa. Vsa odpadna voda se obdela na CČN Kranj. V obdobju padavin je padavinska (meteorna) voda vodena preko razbremenilnika visokih voda (RVV) v vodotok Kokrica.

Preostala naselja praktično nimajo rešenega problema na področju odvajanja in čiščenja odpadne vode. Po podatkih g. Arneža s Komunalnega podjetja Kranj za naselje Golnik sicer beležijo opremljenost s fekalno kanalizacijo, potek same kanalizacije pa žal ni kartiran ali kako drugače arhiviran. Na južnem obrobju naselja se nahaja tudi dotrajana čistilna naprava, ki pa ne obratuje. Predvidevam, da se odpadne sanitarne vode stekajo v individualne greznice in nato naprej v vodna telesa podzemnih voda.

Padavinske vode s strešin, utrjenih dvorišč in cest se odvodnjavajo na nižje ležeči teren oz. individualno ponikajo.

Vsa naselja so opremljena z javnim vodovodom.

## 2.3 Vodotoki

Na obravnavanem območju se nahajajo številni vodotoki (odvodniki), ki so prikazani v naslednji tabeli, v odvisnosti od posameznega naselja.

Preglednica 2.4: Vodotoki na obravnavanem območju (ARSO, 2010)

naselje	vodotok
Babni vrt	Milka, potok Belak
Bobovek	manjši vodotoki
Čadovlje	Blatnik, manjši vodotoki
Golnik	Mlinščica, Golnišnica, manjši vodotoki
Goriče	Goričica, manjši vodotoki
Letenice	Mlinščica, manjši vodotoki
Mlaka pri Kranju	Kokrica, Parovnica, Milka, manjši vodotoki
Pangršica	Stražnica, manjši vodotoki
Povlje*	manjši vodotoki
Srakovlje	Milka, manjši vodotoki
Srednja vas	Goričica, manjši vodotoki
Tatinec	Milka
Tenetiše	Kokrica, Stražnica
Trstenik	Stražnica, Blatnik, manjši vodotoki
Žablje*	Milka, manjši vodotoki

\* Naselja z manj kot 50 prebivalci (50 PE)

### **3 ZASNOVA KANALIZACIJSKEGA SISTEMA**

#### **3.1 Predhodna dokumentacija**

Pri izdelavi diplomske naloge so bili upoštevani naslednji dokumenti:

- Projekt novelacije idejnih rešitev odvajanja in čiščenja odpadnih voda v občini Kranj (št. proj. 4690, Projektivno podjetje Kranj, januar 1992).
- IDZ Fekalno kanalizacijsko omrežje Golnik – Mlaka (št. proj. K112080, Protim Ržišnik Perc, januar 2009).
- Digitalni kataster javne kanalizacije na območju Mestne občine Kranj (Komunala Kranj, april 2010).
- TTN (Temeljni Topografski Načrti) in DOF (Digitalni OrtoFoto) v merilu 1:5000.
- Operativni program odvajanja in čiščenja komunalne odpadne in padavinske vode na območju Mestne občine Kranj za obdobje od 2007 – 2017 (Komunala Kranj, oktober 2007).
- Pravilnik za projektiranje, tehnično izvedbo in uporabo javne kanalizacije (Komunala Kranj, junij 2009).

### 3.2 Izhodišča pri načrtovanju kanalizacijskega sistema

Trase kanalizacijskih kanalov potekajo po javnih površinah (ceste, poti, javne zelenice, ...) v največji možni meri in zagotavljajo gravitacijski odvod pritličja pod stropom kleti, ne pa tudi kletnih prostorov gradbenih objektov. Najmanjša izhodiščna globina kanalov je 1,40 m pod koto terena. Padci kanalov morajo biti določeni tako, da omogočajo normalno odtekanje odpadnih vod in preprečujejo nabiranje usedlin in zadrževanje le teh na dnu kanalov, kar bi povzročalo smrad.

Javno kanalizacijsko omrežje se bo v čim večji možni meri izvedlo z gravitacijskimi kanali, kjer pa to ne bo mogoče so predvidena črpališča (2 črpalki, ena za rezervo v primeru okvare) in tlačni kanali. Predvidena je vgradnja kanalizacijskih elementov iz umetnih mas, ki morajo biti zgrajeni vodotesno.

Revizijski jaški so predvideni na mestih hišnih priključkov, priključnih krakih ter mestih, kjer se menja padec, smer in premer kanala. Hišni priključki so predvideni preko revizijskih jaškov ali direktno na cev, največkrat individualno za vsak objekt posebej. V določenih primerih se hišni priključki lahko združujejo za dva ali več objektov, tako da se na kanal izvede skupni priključek. Priključek direktno na cev se izvede s fazonskim elementom pod kotom 45°. Maksimalna medsebojna razdalja med revizijskimi jaški je 50 m.

Objekti ali deli objekta, ki se zaradi neugodne lege v prostoru nahaja pod koto dna odvodnega kanala, se na javno kanalizacijsko omrežje priključi preko hišnega črpališča, ki ga je dolžan zgraditi in upravljati lastnik priključka. V primeru, da se na nižje ležeči lokaciji nahaja več kot 5 objektov z več kot 20 PE obremenitve, pri čemer posamezni objekt ni mogoče neposredno povezati na javno kanalizacijo, se zgradi skupno črpališče, ki ga je dolžan upravljati in vzdrževati izvajalec javne službe.

### 3.3 Opis idejnih zasnov

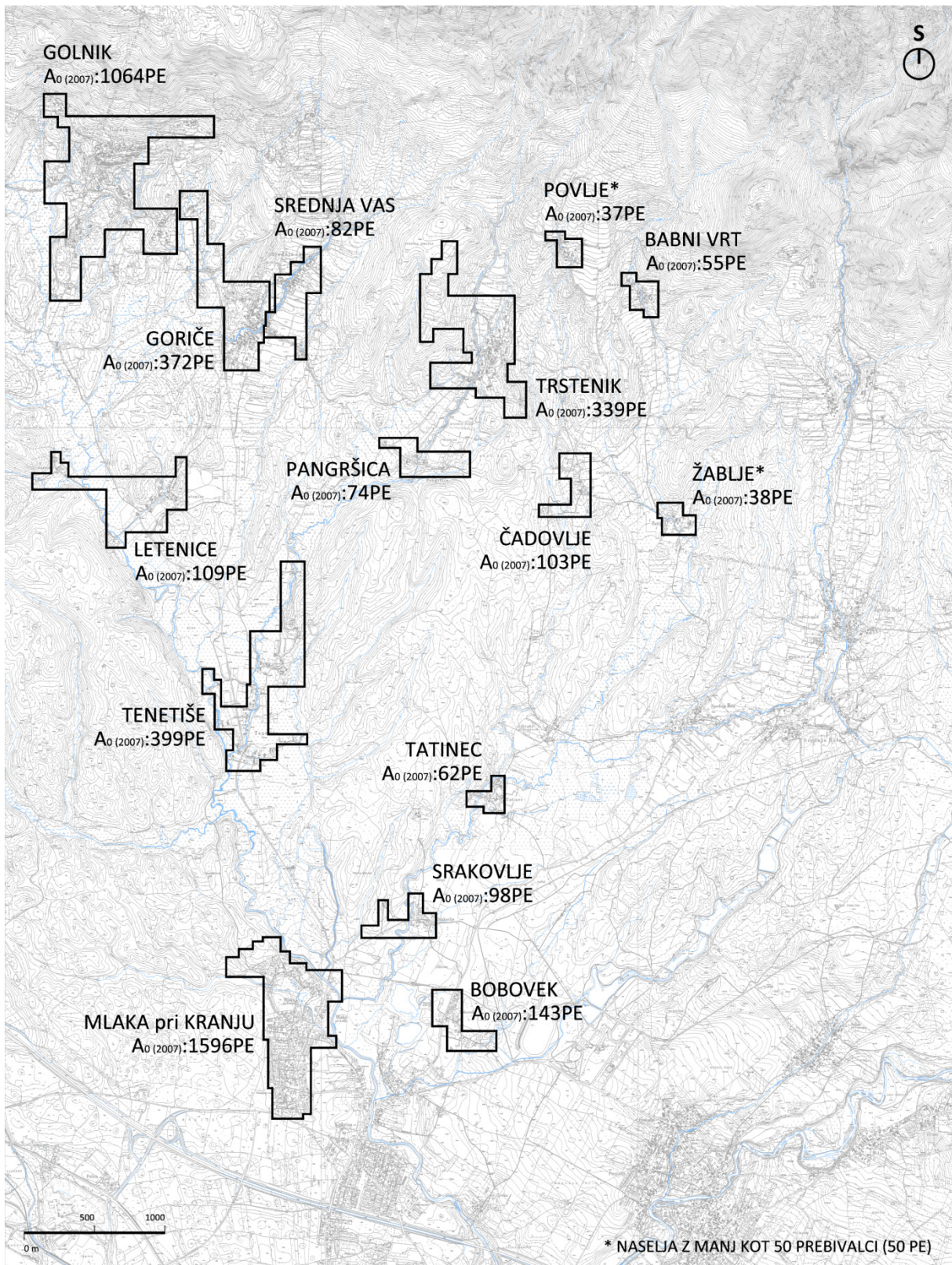
Investitor (Mestna občina Kranj) ima namen zgraditi kanalizacijski sistem za odvod odpadnih voda na območju naselij od Golnika do Mlake pri Kranju. Namen posega je izvedba primarnih in sekundarnih kanalov, ki bodo zagotavljali uporabnikom možnost priključitve na kanalizacijski sistem (omrežje) in nemoteno odvajanje odpadnih voda. Aproximativna dolžina zasnovanega kanalizacijskega omrežja je 40 km, katerega dejanska dolžina je odvisna od posamezne variantne rešitve.

Na poselitvenem območju s PE med 50 in 2000 mora biti skladno s 24. členom Pravilnika o odvajanju in čiščenju komunalne odpadne in padavinske vode (Uradni list RS št. 105/2002) javna kanalizacija zgrajena najkasneje do 31. decembra 2017.

Naselja Babni vrt, Bobovek, Čadovlje, Golnik, Goriče, Letenice, Mlaka pri Kranju, Pangršica, Srakovlje, Srednja vas, Tatinec, Tenetiše in Trstenik ustrezajo kriteriju iz zgoraj navedenega pravilnika, zato je javno kanalizacijo za obravnavana naselja potrebno zgraditi najkasneje do omenjenega časovnega roka. Kriteriju iz tega pravilnika ne ustrezata naselji Povlje in Žablje. Naselja z manj kot 50 prebivalci niso vključena v območja, kjer za odvajanje in čiščenje odpadnih vod skrbijo javne službe. V programsko zasnovo sem naselji Povlje in Žablje vključil zaradi neposredne tangiranosti obravnavanega območja.

Obravnavano območje gravitira od severa proti jugu, zaradi česar je mogoče naselja povezati v enoten kanalizacijski sistem. Ker pa ima območje urejanja značaj razpršene poselitve z reliefno razgibanim terenom sem v idejnih rešitvah upošteval tudi možnosti odvodnje odpadnih voda na male čistilne naprave.

V nadaljevanju so predstavljene tri variante rešitve, katerih namen je ugotoviti najugodnejšo varianto odvajanja odpadnih voda.



Slika 3.1: Prostorski prikaz obravnavanih naselij

### 3.3.1 Variantna rešitev 1

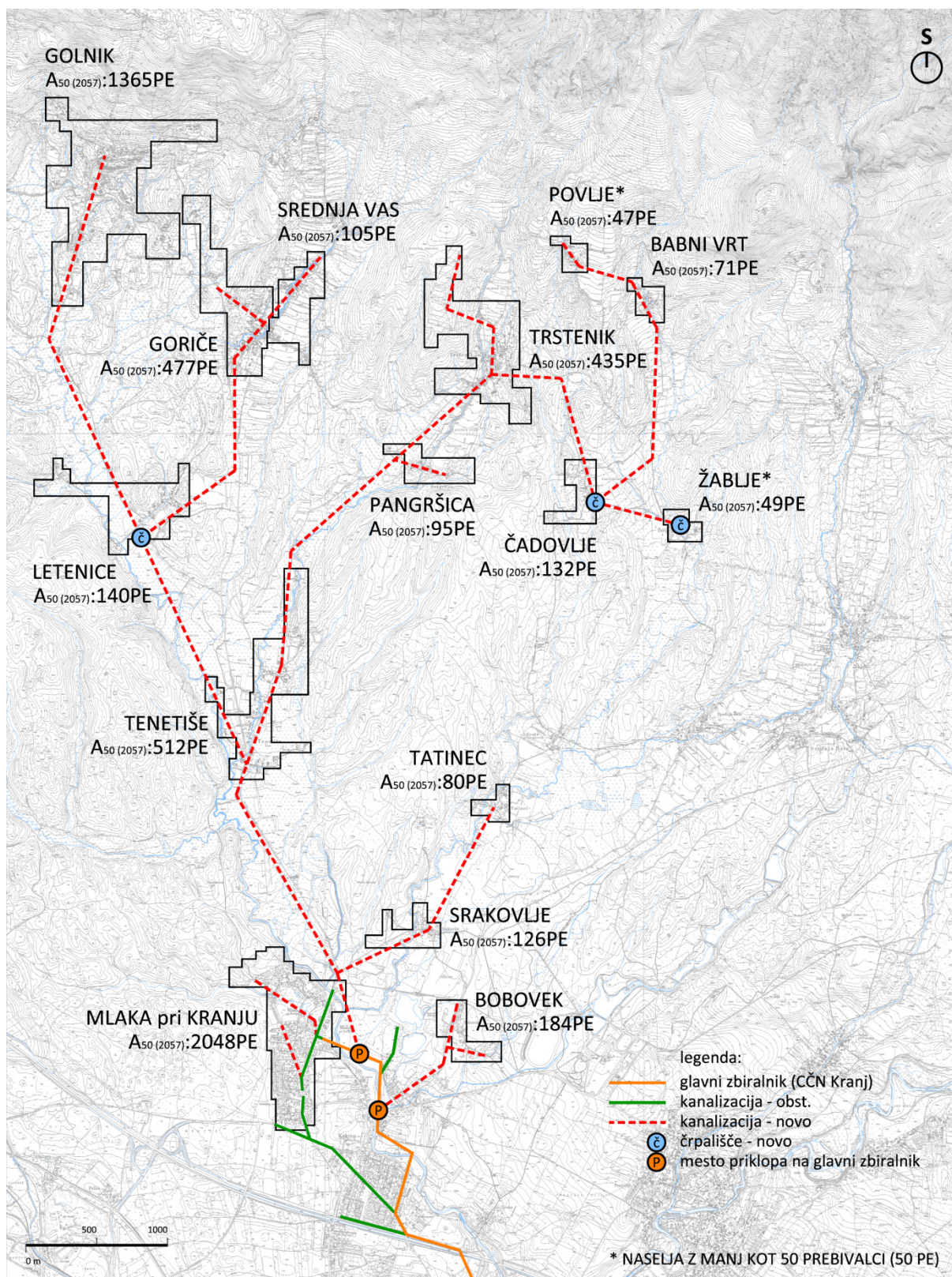
V prvi variantni rešitvi sem za obravnavano območje zasnoval odvodnjo odpadnih voda preko enotnega kanalizacijskega sistema, kar pomeni, da se vsa naselja priključujejo na javno kanalizacijsko omrežje oz. glavni zbiralnik, ki se zaključi v CČN Kranj.

Primarni povezovalni kanal poteka gravitacijsko od severnega predela Golnika (Bolnišnica Golnik – KOPA) do naselja Letenice. Kanal poteka v cesti Golnik – Letenice. Na južni strani naselja Letenice je zaradi lokalne depresije terena predvideno črpališče, ki bo omogočalo preko tlačnega povezovalnega kanala prečrpavanje odpadne vode na nivo, ki bo v nadaljevanju omogočal gravitacijski odvod v smeri naselja Tenetiše. V naselju Letenice se priključita tudi naselji Goriče in Srednja vas. Naselje Tenetiše predstavlja priključno točko (križišče na regionalni cesti R2-410) za primarni kanal, kateri povezuje naselja Povlje, Babni vrt, Žablje, Čadovlje, Trstenik in naselje Pangršica. Za nižje ležeči naselji Žablje in Čadovlje je predvideno črpanje odpadnih voda do naselja Trstenik, ki ima višje ležečo lego. Od Trstenika dalje je primarni kanal voden gravitacijsko. V nadaljevanju poteka primarni povezovalni kanal gravitacijsko ob desnem robu regionalne ceste (oznaka R2-410) v smeri naselja Mlaka pri Kranju. V križišču pred naseljem Mlaka pri Kranju je predvidena priključitev gravitacijskega primarnega kanala, ki povezuje naselji Tatinec in Srakovlje.

V sklepnem delu se primarni povezovalni kanal priključuje na obstoječi glavni zbiralnik DN 300, ki se zaključi v CČN Kranj. Naselje Mlaka pri Kranju ima že zgrajen primarni fekalni kanal DN 250, ki poteka v Golniški cesti (regionalna cesta z oznaka R2-410), na katerega pa ni priključeno celotno naselje. V prihodnosti je predvidena dograditev primarnih in sekundarnih kanalov, kateri bodo omogočali priključitev objektov na javno kanalizacijsko omrežje in ločeno odvajanje padavinskih in odpadnih voda. Naselje Bobovek se ločeno od preostalih naselij priključi preko primarnega kanala na že prej omenjeni glavni zbiralnik. Primarni kanal poteka skozi del naselja Kokrica, ki trenutno še ni priključen na javno kanalizacijsko omrežje. Predviden je gravitacijski odvod odpadnih voda.

Na naslednji strani je prikazan (*slika 3.2*) situativni oz. konceptualni prikaz opisane variantne rešitve.



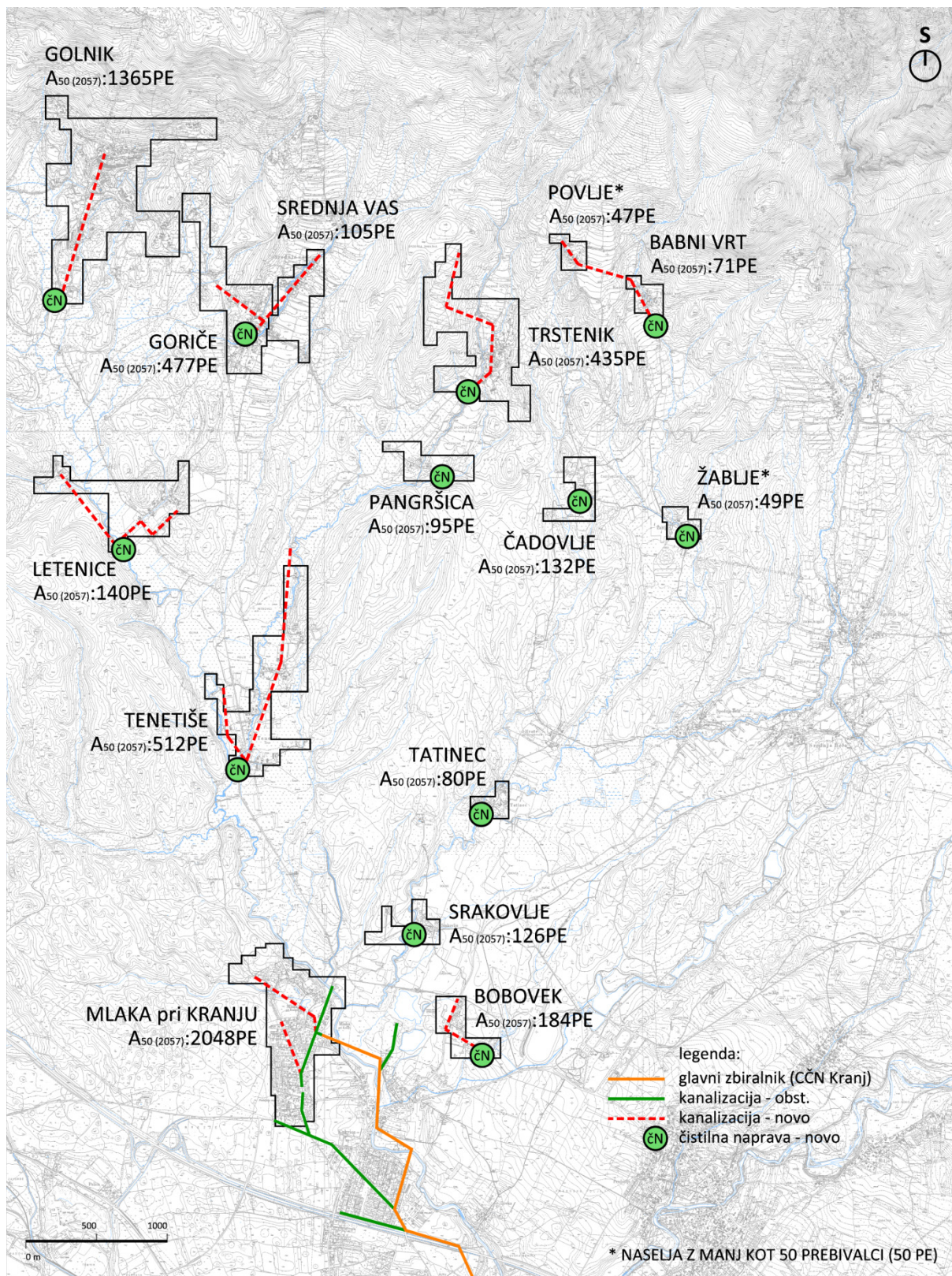


Slika 3.2: Situativni (konceptualni) prikaz variantne rešitve 1

### **3.3.2 Variantna rešitev 2**

Zaradi razpršene poselitve obravnavanega območja je naslednja variantna rešitev zasnovana tako, da se odvodnja odpadnih voda za posamezno naselje zaključi v čistilni napravi (ČN). Iz ČN je potrebno predvideti izpust očiščene vode v najbližji vodotok oz. odvodnik, zato sem za postavitev ČN predvidel lokacije v neposredni bližini vodotokov. Odvodnja odpadnih voda za naselje Mlaka pri Kranju je identična variantni rešitvi 1.

Na naslednji strani je prikazan (*slika 3.3*) situativni oz. konceptualni prikaz opisane variantne rešitve.



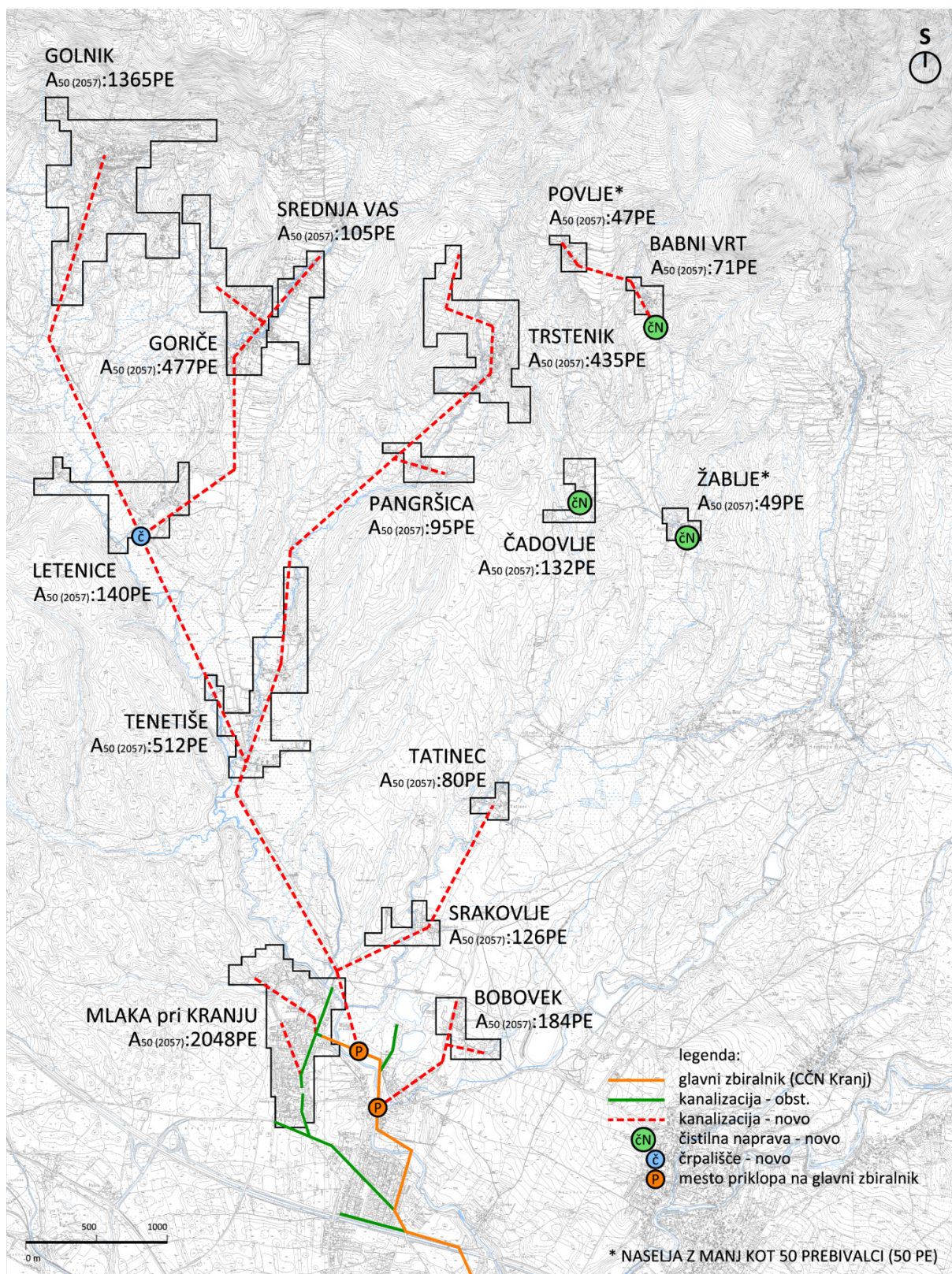
Slika 3.3: Situativni (konceptualni) prikaz variantne rešitve 2

### 3.3.3 Variantna rešitev 3

Zadnja, tretja variantna rešitev je zasnovana kot kombinacija prvih dveh variantnih rešitev. Rešitev odvodnje odpadnih voda za naselje Mlaka pri Kranju je neodvisna od prve oz. druge variantne rešitve.

Naselja Povelje, Babni vrt, Žablje in Čadovlje (severovzhodni predel obravnavanega območja) bi imela zaradi odročne lege in hribovitega terena zahtevno trasiranje kanalizacijskega sistema, kar posledično povzroča višje investicijske vrednosti. V izogib gradnji črpališč ter nekaj kilometrov dolgega primarnega kanala sem za posamezna naselja predvidel identično rešitev kot v variantni rešitvi 2, in sicer male čistilne naprave. Odvodnja odpadnih voda za preostala naselja je identična variantni rešitvi 1.

Na naslednji strani je prikazan (*slika 3.4*) situativni oz. konceptualni prikaz opisane variantne rešitve.



Slika 3.4: Situativni (konceptualni) prikaz variantne rešitve 3

## 4 HIDRAVLIČNO DIMENZIONIRANJE KANALIZACIJSKEGA SISTEMA

### 4.1 Prirast prebivalstva

Velik del porabe vode in odtoka v kanalizacijo je odvisen od števila prebivalstva, zato je potrebno pri načrtovanju kanalizacijskega sistema in čistilnih naprav upoštevati število prebivalcev na kanaliziranem območju, kot ga pričakujemo ob izteku amortizacijske dobe omrežja in objektov (Kolar, 1983).

Pogosto lahko število prebivalcev povzamemo iz urbanistične dokumentacije, če pa to ni mogoče, poskušamo po podatkih o dosedanjem razvoju določiti procent naraščanja prebivalstva v preteklem obdobju in izračunati število prebivalcev po preteku  $n$  let iz naslednje enačbe (Kolar, 1983):

$$A_n = A_0 \left(1 + \frac{p}{100}\right)^n \quad (4.1)$$

$A_n$  ... število prebivalcev po  $n$  letih

$A_0$  ... sedanje število prebivalcev

$p$  ... letni porast števila prebivalcev [%]

$n$  ... amortizacijska doba kanalizacijskega omrežja

Na podlagi statističnih podatkov sem za obravnavana naselja izračunal procent naraščanja (upadanja) prebivalstva v obdobju od leta 1999 do 2007 (*glej preglednico 2.3: Prirast prebivalstva v obdobju od leta 1999 do 2007*). V opazovanem obdobju je prebivalstvo obravnavanega območja zabeležilo 1,27 odstotno rast prebivalstva.

V Sloveniji je število prebivalstva najhitreje in najmočnejše raslo v sedemdesetih letih prejšnjega stoletja, ko se je število prebivalstva letno v povprečju povečevalo za 1 %. Od leta

1993 dalje pa se število prebivalstva Slovenije povečuje le po zaslugi pozitivnega selitvenega prirasta, saj je naravni prirast od leta 1997 dalje konstantno negativen (Statistični urad RS, 2005).

Z upoštevanjem navedenega je na obravnavanem območju težko pričakovati enako ali podobno rast prebivalstva, zato sem pri izračunu predvidenega števila prebivalcev upošteval 0,5 odstotno rast prebivalstva na leto, ki se ponavadi v inženirski praksi uporablja pri načrtovanju kanalizacijskega omrežja. V naslednji preglednici je prikazano predvideno število prebivalcev po preteku 50 let.

Preglednica 4.1: Predvideno št. prebivalcev leta 2057

naselje	Pdej	št. prebivalcev	
	[%]	A <sub>0</sub> (2007)	A <sub>50</sub> (2057)
Babni vrt		55	71
Bobovek		143	184
Čadovlje		103	132
Golnik		1064	1365
Goriče		372	477
Letenice		109	140
Mlaka pri Kranju		1596	2048
Pangršica	0,5	74	95
Povlje*		37	47
Srakovlje		98	126
Srednja vas		82	105
Tatinec		62	80
Tenetiše		399	512
Trstenik		339	435
Žablje*		38	49
Σ		4571	5866

\* Naselja z manj kot 50 prebivalci (50 PE)

## 4.2 Dimenzioniranje kanalov

Število prebivalcev in poraba vode na območju urejanja sta ključna podatka za hidravlično dimenzioniranje kanalizacijskega sistema za odpadne vode. Zaradi neažurnosti ali pomankanja slednjih podatkov se v praksi pogosto znajdemo v položaju, ko je potrebno podati približno oceno porabe vode na prebivalca na dan.

Preglednica 4.2: Gibanje porabe vode v odvisnosti od velikosti naselja (Kolar, 1983)

velikost naselja	število prebivalcev	maksimalna dnevna poraba	srednja dnevna poraba
		[l/P.dan]	
mala podeželska naselja	2000	80 - 100	80
večja podeželska naselja	2000 - 10000	150 - 200	80 - 120
mala mesta	10000 - 20000	150 - 200	120 - 150
srednja mesta	20000 - 100000	300 - 400	180 - 200
velika mesta	100000	350 - 500	200 - 300
zdraviliški in kopališki kraji		400 - 500	200 - 300

Poleg odpadne vode je potrebno upoštevati še tujo vodo, ki doteka v kanalizacijski sistem za sušni odtok, bodisi kot padavinska voda, bodisi kot drenažna voda ali voda iz potokov. Imhoff navaja, da je delež tuje vode za 100 % povečan sušni odtok. Ta delež je mogoče izračunati bodisi iz podatkov o priključni površini, o dolžini kanala ali po dolžini in premeru kanala. Količina je odvisna od talne vode na zemljišču, vodotesnosti kanalizacije in pravilne izvedbe priključkov, kot to prikazujejo podatki v spodnji preglednici (Kolar, 1983).

Preglednica 4.3: Dotok tuje vode v odvisnosti od priključne površine, dolžine ter premera kanala (Kolar, 1983)

dotok tuje vode odvisen od	dotek tuje vode v mejah	povprečni dotek tuje vode
priključne površine	500 - 5000 [m <sup>3</sup> /(d.km <sup>2</sup> )]	2000 [m <sup>3</sup> /(d.km <sup>2</sup> )]
	0,058 - 0,58 [l/(s.ha)]	0,23 [l/(s.ha)]
dolžine kanala	12 - 240 [m <sup>3</sup> /(d.km)]	70 [m <sup>3</sup> /(d.km)]
	0,14 - 2,27 [l/(s.km)]	0,81 [l/(s.km)]
dolžine in premera kanala	0,5 - 5 [m <sup>3</sup> /(d.km.cm)] + 0,4 [m <sup>2</sup> /d] na revizijski jašek	215 [m <sup>3</sup> /(d.km)]



Osnovna enačba za izračun količin odpadnih voda (Panjan, 2002):

$$Q = Q_h + Q_i + Q_t = Q_s + Q_t \quad (4.2)$$

$Q_h$  ... odpadne vode iz gospodinjstev, ustanov, trgovin in male obrti [l/s]

$Q_i$  ... odpadne vode iz obrti ter industrijskih obratov [l/s]

$Q_s$  ... sušni odtok [l/s]

$Q_t$  ... tuje (infiltrirane) vode [l/s]

Pri dimenzioniranju kanalov na sušni odtok je potrebno upoštevati maksimalni dnevni urni dotok (Kolar, 1983):

$$Q_{s,max} = 4,1667 \frac{4}{\sqrt[5]{\frac{PE}{1000}}} \cdot Q_s = 0,041667 \frac{4}{\sqrt[5]{\frac{PE}{1000}}} \cdot \frac{PE \cdot n_p}{3600} \quad (4.3)$$

PE ... populacijski ekvivalent

$n_p$  ... norma porabe vode [l/(PE.dan)]

Pomembni dotoki, ki jih upoštevamo, so še srednji dnevni in minimalni pretok (Kolar, 1983):

$$Q_{s,sr} = \frac{Q_s}{24} = \frac{PE \cdot n_p}{3600} \cdot \frac{1}{24} \quad (4.4)$$

in

$$Q_{s,min} = \frac{Q_s}{51} = \frac{PE \cdot n_p}{3600} \cdot \frac{1}{51} \quad (4.5)$$

Dimenzije kanalov oz. premer in hkrati tudi padec cevi določamo na podlagi maksimalnega skupnega odtoka ( $Q_{max}$ ). Ustreznost dimenzij kanalov se dokazuje s hidravličnim računom, pri katerem je potrebno upoštevati delno polnitev pri maksimalnem pretoku. Najmanjši svetli premer cevi javne kanalizacije je 200 mm in 80 mm pri tlačnem kanalu.

Minimalni padec cevi je odvisen od hitrosti pretočne količine, ki mora biti pri sušnem odtoku  $\geq 0,4$  m/s. Tako preprečimo usedanje trdnih delcev v ceveh omrežja. Maksimalna dovoljena hitrost odpadne vode je 3 m/s, ki je izjemoma lahko tudi višja (do 6 m/s), če izbrani material to omogoča brez poškodb ostenja.

Pretočno količino cevi izračunamo (oz. razberemo iz ustreznih preglednic) na podlagi Prandtl-Colebrook formule (Maleiner, 2002):

$$Q = F \cdot v = F \cdot \left[ -2 \log \left( \frac{2,51 \cdot \vartheta}{D \sqrt{2gID}} + \frac{k}{3,71 \cdot D} \right) \right] \sqrt{2gID} \quad (4.6)$$

- Q ... pretok [m<sup>3</sup>/s]
- v ... hitrost [m/s]
- F ... pretočni profil [m<sup>2</sup>]
- $\vartheta$  ... kinematična viskoznost [m<sup>2</sup>/s]
- g ... težnostni pospešek [m/s<sup>2</sup>]
- D ... premer cevi [m]
- I ... padec cevi
- k ... višina hrap v cevovodu [mm]

V naselju Golnik se nahaja Bolnišnica Golnik – KOPA (klinični oddelek za pljučne bolezni in alergijo) je klinična, raziskovalna in pedagoška ustanova. Kot terciarna ustanova obravnava bolnike s pljučnimi in alergijskimi boleznimi, istočasno pa je učna baza za dodiplomsko in podiplomsko izobraževanje zdravnikov in drugih zdravstvenih delavcev. V letu 2009 je bolnišnica zaposlovala 459 bolnišničnega osebja in razpolagala s 213 posteljami (Bolnišnica Golnik, 2010).

Po podatkih Komunalnega podjetja Kranj je zaradi neurejenega vodovodnega omrežja na ožjem območju Bolnišnice Golnik (interni vodovodni razvodi, ki niso priključeni na javno omrežje) nemogoče pridobiti relevante meritve porabe vode. Po predhodnem posvetovanjem s projektantom strojnih inštalacij sem pri izračunu sušnega odtoka privzel normo porabe vode, ki ustreza tovrstni ustanovi.

Primarni (povezovalni) kanali so dimenzionirani z upoštevanjem naslednjih izhodišč:

- absolutna hrapavost cevi (plastične cevi)	$k = 0,010 \text{ mm}$
- temperatura vode	$T = 15 \text{ °C}$
- kinematična viskoznost vode	$n = 1,14 \cdot 10^{-6} \text{ m}^2/\text{s}$
- razmerje višine polnitve in notranjega premera cevi	$h/d_i = 0,5$
- hišna odpadna voda (1 PE $\equiv$ 1 prebivalec)	$Q_h = 200 \text{ l}/(\text{PE} \cdot \text{dan})$
- odpadna voda iz zdravstva (2,5 PE $\equiv$ postelja)	$Q_{h(z)} = 150 \text{ l}/(\text{PE} \cdot \text{dan})$
- odpadna voda iz zdravstva (1 PE $\equiv$ 2 zaposlena)	$Q_{h(z)} = 50 \text{ l}/(\text{PE} \cdot \text{dan})$
- tuja (infiltrirana) voda	$Q_t = 0,81 \text{ l}/(\text{s} \cdot \text{km})$
- kmetijska odpadna voda je zajeta pri hišni odpadni vodi	

Z upoštevanjem zgornjih izhodišč znaša onesnaženje Bolnišnice Golnik 762 PE:

$$\begin{aligned}
 &459 \cdot 1 \text{ PE}/2 \text{ zaposlena} + 213 \cdot 2,5 \text{ PE}/\text{posteljo} = \\
 &= 229,5 \text{ PE} + 532,5 \text{ PE} = 762 \text{ PE}
 \end{aligned}
 \tag{4.7}$$

Hidravlično dimenzioniranje zasnovanega kanalizacijskega omrežja za posamezno variantno rešitev je podano v nadaljevanju.

## 4.3 Hidravlični izračun

### 4.3.1 Variantna rešitev 1

Variantna rešitev 1 je zasnovana tako, da se vsa naselja priključijo na novo kanalizacijsko omrežje, ki se nato v sklepnem delu priključi na obstoječi glavni zbiralnik DN 300. Pri hidravličnem dimenzioniranju omrežja je izvzeto naselje Mlaka pri Kranju. Naselje ima v Golniški cesti že zgrajen primarni fekalni kanal DN 250. V prihodnosti je potrebna samo še dograditev sekundarnih kanalov, kateri bodo omogočali priklop objektov na javno kanalizacijsko omrežje in ločeno odvajanje padavinskih in odpadnih voda. Odvedene odpadne vode se obdela na CČN Kranj.

Predvidena dolžina primarnih in sekundarnih kanalov skupaj je 44,4 km. Situativni potek nove fekalne kanalizacije je razviden iz grafičnih prilog (št. priloge od B1 do B4).

Preglednica 4.4: Hidravlični izračun – variantna rešitev 1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
ime kanala	onesnaženje		dolžina omrežja		hišne odpadne vode			odpadne vode iz zdravstva			tuje vode	skupni odtok		
oznaka	A <sub>50</sub>	Z*	L <sub>0</sub>	L <sub>0</sub> ·1,2	Q <sub>h,min</sub>	Q <sub>h,sr</sub>	Q <sub>h,max</sub>	Q <sub>h(z),min</sub>	Q <sub>h(z),sr</sub>	Q <sub>h(z),max</sub>	Q <sub>t</sub>	Q <sub>min</sub>	Q <sub>sr</sub>	Q <sub>max</sub>
-	[PE]		[m]		[l/s]			[l/s]			[l/s]	[l/s]		
G2	1365	762	6250	7500	1,49	3,16	11,88	0,50	1,06	4,47	6,08	8,06	10,29	22,42
Go4	583		6247	7496	0,63	1,35	6,01				6,07	6,71	7,42	12,08
L3	2088	762	16967	20360	2,27	4,83	16,69	0,50	1,06	4,47	16,49	19,26	22,38	37,64
Ba2	118		2535	3042	0,13	0,27	1,68				2,46	2,59	2,74	4,14
Č2	299		5147	6176	0,33	0,69	3,52				5,00	5,33	5,69	8,53
Tr2	734		9977	11972	0,80	1,70	7,23				9,70	10,50	11,40	16,93
Pa2	829		11766	14119	0,90	1,92	7,97				11,44	12,34	13,36	19,41
Te2	3429	762	33989	40787	3,74	7,94	24,81	0,50	1,06	4,47	33,04	37,27	42,03	62,32
Ta1	80		1388	1666	0,09	0,18	1,22				1,35	1,44	1,53	2,57
Sr2	205		3087	3704	0,22	0,48	2,61				3,00	3,22	3,48	5,61
GZ	3634	762	37806	45367	3,96	8,41	26,00	0,50	1,06	4,47	36,75	41,20	46,22	67,21
Bo1	184		1670	2004	0,20	0,42	2,39				1,62	1,82	2,05	4,01

\*Z ... zdravstvo

Prispevno območje primarnega (povezovalnega) kanala:

G2 → Golnik

Go4 → Srednja vas, Goriče

L3 → Golnik, Srednja vas, Goriče, Letenice

Ba2 → Povelje, Babni vrt

Č2 → Povelje, Babni vrt, Žablje, Čadovlje

Tr2 → Povelje, Babni vrt, Žablje, Čadovlje, Trstenik

Pa2 → Povelje, Babni vrt, Žablje, Čadovlje, Trstenik, Pangršica

Te2 → Golnik, Srednja vas, Goriče, Letenice, Povelje, Babni vrt, Žablje, Čadovlje, Trstenik, Pangršica, Tenetiše

Ta1 → Tatinec

Sr2 → Tatinec, Srakovlje

GZ → Golnik, Srednja vas, Goriče, Letenice, Povelje, Babni vrt, Žablje, Čadovlje, Trstenik, Pangršica, Tenetiše, Tatinec, Srakovlje

Bo1 → Bobovek

Preglednica 4.5: Dimenzije kanalov – variantna rešitev 1

ime kanala	izbrana cev (DN = notranji premer)						
	oznaka	DN	i	Q <sub>50</sub>	v <sub>50</sub>	Q <sub>dej</sub>	h <sub>dej</sub>
-	[mm]	[%]	[l/s]	[m/s]	[l/s]	[mm]	[m/s]
G2	250	0,5	26,16	1,07	22,42	106	1,00
Go4	200	0,5	14,02	0,89	12,08	85	0,83
L3	250	1,0	39,60	1,61	37,64	119	1,58
Ba2	200	0,5	14,02	0,89	4,14	25	0,43
Č2	200	0,5	14,02	0,89	8,53	60	0,70
Tr2	200	1,0	21,32	1,36	16,93	75	1,20
Pa2	200	1,0	21,32	1,36	19,41	90	1,30
Te2	300	1,0	65,46	1,85	62,32	143	1,81
Ta1	200	1,1	22,57	1,44	2,57	10	0,40
Sr2	200	0,5	14,02	0,89	5,61	40	0,57
GZ	300	1,1	69,26	1,96	67,21	143	1,92
Bo1	200	0,5	14,02	0,89	4,01	25	0,43

### 4.3.2 Variantna rešitev 2

Zaradi razpršene poselitve obravnavanega območja je variantna rešitev 2 zasnovana tako, da se odvodnja odpadnih voda za posamezno naselje zaključi v mali čistilni napravi oz. v primeru naselja Golnik v komunalni čistilni napravi. Iz čistilne naprave je predviden izpust očiščene vode v najbližji vodotok oz. odvodnik. Odvedene odpadne vode se obdelata na čistilni napravi ločeno za vsako posamezno naselje. Končna obdelava primarnega blata in odvečne

biomase je predvidena na CČN Kranj. Odvodnja odpadnih voda za naselje Mlaka pri Kranju je identična variantni rešitvi 1.

Predvidena dolžina primarnih in sekundarnih kanalov skupaj je 31,2 km. Situativni potek nove fekalne kanalizacije je razviden iz grafičnih prilog (št. priloge od C1 do C4).

Preglednica 4.6: Hidravlični izračun – variantna rešitev 2

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
ime kanala	onesnaženje		dolžina omrežja		hišne odpadne vode			odpadne vode iz zdravstva			tuje vode	skupni odtok		
oznaka	A <sub>50</sub>	Z*	L <sub>0</sub>	L <sub>0</sub> ·1,2	Q <sub>h,min</sub>	Q <sub>h,sr</sub>	Q <sub>h,max</sub>	Q <sub>h(z),min</sub>	Q <sub>h(z),sr</sub>	Q <sub>h(z),max</sub>	Q <sub>t</sub>	Q <sub>min</sub>	Q <sub>sr</sub>	Q <sub>max</sub>
-	[PE]		[m]		[l/s]			[l/s]			[l/s]	[l/s]		
G1	1365	762	4557	5468	1,49	3,16	11,88	0,50	1,06	4,47	4,43	6,41	8,65	20,77
Go3	583		5444	6533	0,63	1,35	6,01				5,29	5,93	6,64	11,30
L1	140		2459	2951	0,15	0,32	1,92				2,39	2,54	2,71	4,31
Ba1	118		1277	1532	0,13	0,27	1,68				1,24	1,37	1,51	2,92
Ž1	49		431	517	0,05	0,11	0,83				0,42	0,47	0,53	1,25
Č1	132		639	767	0,14	0,31	1,83				0,62	0,77	0,93	2,46
Tr1	435		4301	5161	0,47	1,01	4,76				4,18	4,65	5,19	8,94
Pa1	95		632	758	0,10	0,22	1,41				0,61	0,72	0,83	2,02
Te1	512		3875	4650	0,56	1,19	5,42				3,77	4,32	4,95	9,19
Ta1	80		546	655	0,09	0,18	1,22				0,53	0,62	0,71	1,75
Sr1	126		1153	1384	0,14	0,29	1,76				1,12	1,26	1,41	2,88
Bo1	184		924	1109	0,20	0,42	2,39				0,90	1,10	1,32	3,28

\* Z ... zdravstvo

Prispevno območje primarnega (povezovalnega) kanala:

- G1 → Golnik
- Go3 → Srednja vas, Goriče
- L1 → Letenice
- Ba1 → Povelje, Babni vrt
- Ž1 → Žablje
- Č1 → Čadovlje
- Tr1 → Trstenik
- Pa1 → Pangršica
- Te1 → Tenetiše
- Ta1 → Tatinec
- Sr1 → Srakovlje
- Bo1 → Bobovek

Preglednica 4.7: Dimenzije kanalov – variantna rešitev 2

ime kanala	izbrana cev (DN = notranji premer)						
	oznaka	DN	i	Q <sub>50</sub>	v <sub>50</sub>	Q <sub>dej</sub>	h <sub>dej</sub>
-	[mm]	[%]	[l/s]	[m/s]	[l/s]	[mm]	[m/s]
G2	250	0,5	26,16	1,07	22,42	106	1,00
Go4	200	0,5	14,02	0,89	12,08	85	0,83
L3	250	1,0	39,60	1,61	37,64	119	1,58
Ba2	200	0,5	14,02	0,89	4,14	25	0,43
Č2	200	0,5	14,02	0,89	8,53	60	0,70
Tr2	200	1,0	21,32	1,36	16,93	75	1,20
Pa2	200	1,0	21,32	1,36	19,41	90	1,30
Te2	300	1,0	65,46	1,85	62,32	143	1,81
Ta1	200	1,1	22,57	1,44	2,57	10	0,40
Sr2	200	0,5	14,02	0,89	5,61	40	0,57
GZ	300	1,1	69,26	1,96	67,21	143	1,92
Bo1	200	0,5	14,02	0,89	4,01	25	0,43

### 4.3.3 Variantna rešitev 3

Zadnja, tretja variantna rešitev je zasnovana kot kombinacija prvih dveh variantnih rešitev. Naselja Povelje, Babni vrt, Žablje in Čadovlje (severovzhodni predel obravnavanega območja) bi imela zaradi odročne lege in hribovitega terena zahtevno trasiranje kanalizacijskega sistema, kar posledično povzroča višje investicijske vrednosti. V izogib gradnji črpališč ter nekaj kilometrov dolgega primarnega kanala sem za posamezna naselja predvidel identično rešitev kot v variantni rešitvi 2, in sicer male čistilne naprave. Odvedene odpadne vode se obdelata na čistilni napravi ločeno za naselja Povelje, Babni vrt, Žablje in Čadovlje. Končna obdelava usedle biomase iz naknadnega usedalnika je predvidena na CCN Kranj.

Odvodnja odpadnih voda za preostala naselja vključno z naseljem Mlaka pri Kranju je identična variantni rešitvi 1.

Predvidena dolžina primarnih in sekundarnih kanalov skupaj je 41,6 km. Situativni potek nove fekalne kanalizacije je razviden iz grafičnih prilog (št. priloge B1, B2, B4 in D).

Preglednica 4.8: Hidravlični izračun – variantna rešitev 3

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
ime kanala	onesnaženje		dolžina omrežja		hišne odpadne vode			odpadne vode iz zdravstva			tuje vode	skupni odtok		
oznaka	A <sub>50</sub>	Z*	L <sub>0</sub>	L <sub>0</sub> ·1,2	Q <sub>h,min</sub>	Q <sub>h,sr</sub>	Q <sub>h,max</sub>	Q <sub>h(z),min</sub>	Q <sub>h(z),sr</sub>	Q <sub>h(z),max</sub>	Q <sub>t</sub>	Q <sub>min</sub>	Q <sub>sr</sub>	Q <sub>max</sub>
-	[PE]		[m]		[l/s]			[l/s]			[l/s]	[l/s]		
G2	1365	762	6250	7500	1,49	3,16	11,88	0,50	1,06	4,47	6,08	8,06	10,29	22,42
Go4	583		6247	7496	0,63	1,35	6,01				6,07	6,71	7,42	12,08
L3	2088	762	16967	20360	2,27	4,83	16,69	0,50	1,06	4,47	16,49	19,26	22,38	37,64
Ba1	118		1277	1532	0,13	0,27	1,68				1,24	1,37	1,51	2,92
Ž1	49		431	517,2	0,05	0,11	0,83				0,42	0,47	0,53	1,25
Č1	132		639	766,8	0,14	0,31	1,83				0,62	0,77	0,93	2,46
Tr2	435		4830	5796	0,47	1,01	4,76				4,69	5,17	5,70	9,45
Pa2	530		6619	7943	0,58	1,23	5,57				6,43	7,01	7,66	12,01
Te2	3130	762	28842	34610	3,41	7,24	23,07	0,50	1,06	4,47	28,03	31,94	36,34	55,57
Ta1	80		1388	1666	0,09	0,18	1,22				1,35	1,44	1,53	2,57
Sr2	205		3087	3704	0,22	0,48	2,61				3,00	3,22	3,48	5,61
GZ	3335	762	32659	39191	3,63	7,72	24,27	0,50	1,06	4,47	31,74	35,88	40,52	60,48
Bo1	184		1670	2004	0,20	0,42	2,39				1,62	1,82	2,05	4,01

\* Z ... zdravstvo

Prispevno območje primarnega (povezovalnega) kanala:

G2 → Golnik

Go4 → Srednja vas, Goriče

L3 → Golnik, Srednja vas, Goriče, Letenice

Ba1 → Povelje, Babni vrt

Ž1 → Žablje

Č1 → Čadovlje

Tr2 → Trstenik

Pa2 → Trstenik, Pangršica

Te2 → Golnik, Srednja vas, Goriče, Letenice, Trstenik, Pangršica, Tenetiše

Ta1 → Tatinec

Sr2 → Tatinec, Srakovlje

GZ → Golnik, Srednja vas, Goriče, Letenice, Trstenik, Pangršica, Tenetiše, Tatinec, Srakovlje

Bo1 → Bobovek



Preglednica 4.9: Dimenzije kanalov – variantna rešitev 3

ime kanala	izbrana cev (DN = notranji premer)						
	oznaka	DN	i	Q <sub>50</sub>	v <sub>50</sub>	Q <sub>dej</sub>	h <sub>dej</sub>
-	[mm]	[%]	[l/s]	[m/s]	[l/s]	[mm]	[m/s]
G2	250	0,5	26,16	1,07	22,42	106	1,00
Go4	200	0,5	14,02	0,89	12,08	85	0,83
L3	250	1,0	39,60	1,61	37,64	119	1,58
Ba1	200	0,8	18,63	1,19	2,92	15	0,42
Ž1	200	3,5	45,31	2,88	1,25	3	0,34
Č1	200	1,1	22,57	1,44	2,46	10	0,40
Tr2	200	0,5	14,02	0,89	9,45	65	0,73
Pa2	200	0,5	14,02	0,89	12,01	85	0,83
Te2	300	0,8	57,35	1,62	55,57	143	1,59
Ta1	200	1,1	22,57	1,44	2,57	10	0,40
Sr2	200	0,5	14,02	0,89	5,61	40	0,57
GZ	300	1,0	65,46	1,85	60,48	135	1,77
Bo1	200	0,5	14,02	0,89	4,01	25	0,43

## 5 ČRPALIŠČA

Gradnja črpališč je potrebna za naselja ali del naselja v primerih neugodne konfiguracije terena, katera ne dopušča izvedbe gravitacijskega odvoda odpadnih voda. Črpališče omogoča prečrpavanje odpadnih voda v smeri naraščanja terena na minimalni potrebni nivo, ki v nadaljevanju zagotavlja gravitacijski odvod.

Na obravnavanem območju je v primeru variantne rešitve 1 predvidenih sedem črpališč. Preostali variantni rešitvi obravnavajo manjše število črpališč. Umestitev črpališč in situativni potek tlačnih kanalov je razviden iz grafičnih prilog.

## 5.1 Izhodišča pri dimenzioniranju črpališč

### 5.1.1 Dotok na črpališče

Pri dimenzioniranju večjih črpališč je potrebno v prvi vrsti določiti količino odpadnih voda  $Q_{\max}$ , ki jih povzroča naselje ali del naselja (*glej poglavje 4 Hidravlično dimenzioniranje kanalizacijskega sistema*).

Za varno in kvalitetno delovanje črpalke je pri dimenzioniranju dotoka na črpališče potrebno upoštevati tudi varnostni faktor  $C$ . V odvisnosti od  $Q_{\max}$  se v inženirski praksi uporabljajo naslednji varnostni faktorji:

- $Q_{\max} \leq 20 \text{ l/s}$                        $C = 1,3$
- $20 \text{ l/s} \leq Q_{\max} \leq 30 \text{ l/s}$          $C = 1,2$
- $30 \text{ l/s} \leq Q_{\max}$                        $C = 1,1$

Dotok na črpališče se izračuna po naslednji enačbi:

$$Q_{\check{c}} = Q_{\max} \cdot C \tag{5.1}$$

$Q_{\check{c}}$      ... dotok na črpališče [l/s oz. m<sup>3</sup>/h]

$Q_{\max}$     ... sušni odtok z upoštevanjem tujih vod [l/s oz. m<sup>3</sup>/h]

$C$         ... projektni varnostni faktor [-]

### 5.1.2 Hitrost tekočine v cevovodu

Po določitvi dotoka  $Q_{\check{c}}$  sledi dimenzioniranje tlačnega kanala oz. cevovoda. V skladu s smernicami ATV-DVWK-A 134E je potrebno pri črpanju odpadne vode upoštevati zahtevo, da pretočna hitrost v cevi ni manjša od  $v_{\min} = 0,5 \text{ m/s}$ . Tako se preprečijo obloge na ostenju cevi. Da preprečimo udarce nepovratnih loput, tlačne sunke in nepotrebno porabo energije zaradi trenja, je potrebno sočasno upoštevati, da hitrost ne presega  $v_{\max} = 2,5 \text{ m/s}$ . Proizvajalci

črpalk priporočajo pretočne hitrosti med 0,7 m/s in 1,0 m/s. Po smernicah ATV je najmanjši premer cevi tlačnega kanala DN 80.

Hitrost tekočine v cevovodu okroglega prečnega prereza je podana kot razmerje med pretokom in prečnim prerezom (Steinman, 1999):

$$v = \frac{Q_{\check{c}}}{S} = \frac{4 \cdot Q_{\check{c}}}{\pi \cdot d_i^2} \quad (5.2)$$

$v$  ... hitrost tekočine v cevi [m/s]

$S$  ... svetli prečni prerez cevi [m<sup>2</sup>]

$d_i$  ... notranji premer cevi [m]

### 5.1.3 Tlačne izgube

Pri gibanju realne tekočine prihaja do trenja med tekočino in ostenjem cevi, ki je posledica viskoznosti tekočine. Viskoznost tekočine je odvisna od temperature in vpliva na režim toka (laminarni ali turbolentni režim) ter tlačne izgube. Tlačne izgube delimo na trenjske oz. »linijske« izgube ter lokalne izgube, ki jih povzročajo na cevovodu vgrajeni elementi (kolena, zasuni, itd.).

Režim toka je odvisen od brezdimenzijskega izraza, ki se po avtorju imenuje Reynoldsovo število (Steinman, 1999):

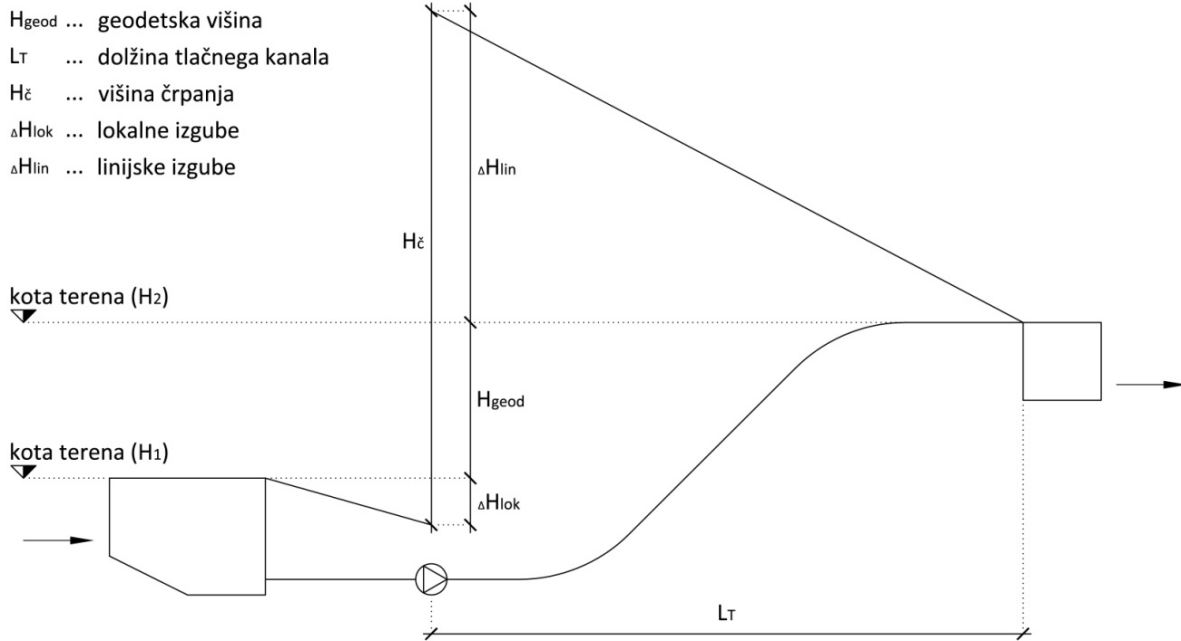
$$Re = \frac{v \cdot d_i}{\nu} \quad (5.3)$$

$Re$  ... vpliv viskoznosti [-]

$\nu$  ... kinematična viskoznost tekočine [m<sup>2</sup>/s]

Veljajo naslednje mejne vrednosti Reynoldsovega števila (Steinman, 1999):

- $Re_{kr} \approx 2300$  ... kritična vrednost – pojavi se sprememba režima toka  
 $Re < 2300$  ... režim toka je laminaren  
 $Re > 2300$  ... režim toka je turbolenten



Slika 5.1: Shematski prikaz črpališča

Na osnovi izbranih karakteristik cevi (relativna hrapavost) in Reynoldsovega števila lahko s pomočjo Moodyevega diagrama določimo koeficient trenja  $\lambda$  (Steinman, 1999).

$$\lambda = \frac{\epsilon}{d_i} \quad (5.4)$$

$\epsilon/d_i$  ... relativna hrapavost [-]

$\epsilon$  ... višina hrap v cevovodu [mm]

Sledi izračun linijskih izgub (Steinman, 1999):

$$\Delta H_{lin} = \lambda \cdot \frac{L_T}{d_i} \cdot \frac{v^2}{2g} \quad (5.5)$$

- $\Delta H_{\text{lin}}$  ... linijske izgube [m]  
 $\lambda$  ... koeficient trenja [-]  
 $L_T$  ... dolžina tlačnega kanala [m]  
 $g$  ... težnostni pospešek [ $\text{m/s}^2$ ]

In izračun lokalnih izgub (Steinman, 1999):

$$\Delta H_{\text{lok}} = \xi_{\text{lok}} \cdot \frac{v^2}{2g} \quad (5.6)$$

- $\Delta H_{\text{lok}}$  ... lokalne izgube [m]  
 $\xi_{\text{lok}}$  ... koeficient lokalne izgube, ki je odvisen od geometrijskih karakteristik lokalne deformacije porazdelitve tokovnic [-]

Pri izračunu lokalnih izgub je smiselno upoštevati inženirsko poenostavitev, ki velja za hidravlično dolge cevovode. Pod tem pojmom običajno obravnavamo cevovode relativno velikih dolžin ( $L_T/d_i \geq 500$ ), kjer vsota linijskih izgub daleč presega skupne lokalne izgube. Ker upoštevamo, da so hidravlični računi izvedeni z neko natančnostjo (npr. 3-5 %), lahko prispevek lokalnih izgub zanemarimo, ne da bi s tem bistveno poslabšali natančnost izračunov (Steinman, 1999).

#### 5.1.4 Višina črpanja

Potrebna višina črpanja odpadnih voda je podana kot vsota geodetske višine, linijskih in lokalnih izgub:

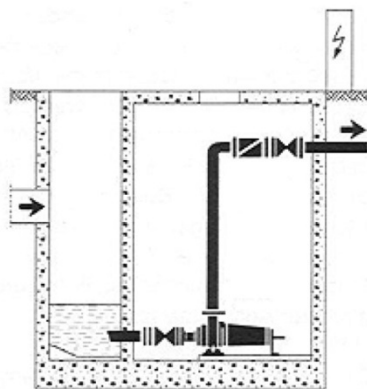
$$H_{\check{c}} = H_{\text{geod}} + \Delta H_{\text{lin}} + \Delta H_{\text{lok}} \quad (5.7)$$

- $H_{\check{c}}$  ... višina črpanja [m]  
 $H_{\text{geod}}$  ... geodetska višina oz. razlika v terenu, ki jo odčitamo iz geodetske podloge [m]

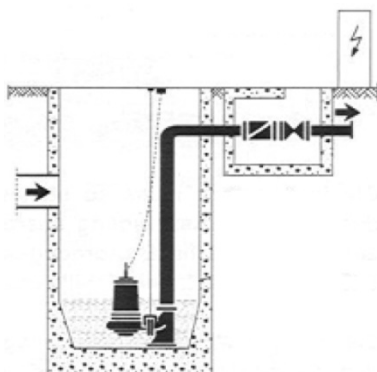
### 5.1.5 Izbira črpalke

Ločimo enojno in dvojno črpališče. V enostavnih primerih lahko predvidimo enojno črpališče, to je črpališče z eno črpalko. V primerih, ko črpanje odtočnih količin ne sme biti prekinjeno, je namesto enojnega črpališča potrebno predvideti dvojno črpališče oz. dve črpalke. Črpalke sta dimenzionirani tako, da ena črpalka lahko prečrpa vse odtočne količine. Druga črpalka ima vlogo rezervne črpalke. Glede na tip črpalke ločimo črpališča »suhe« izvedbe s centrifugalno črpalko in črpališča »mokre« izvedbe s potopno črpalko.

V nadaljevanju je upoštevano dvojno črpališče »mokre« izvedbe.



Slika 5.2: Črpališče »suhe« izvedbe s centrifugalno črpalko (ATV, 2000)



Slika 5.3: Črpališče »mokre« izvedbe s potopno črpalko (ATV, 2000)

### 5.1.6 Dimenzije črpalnega jaška

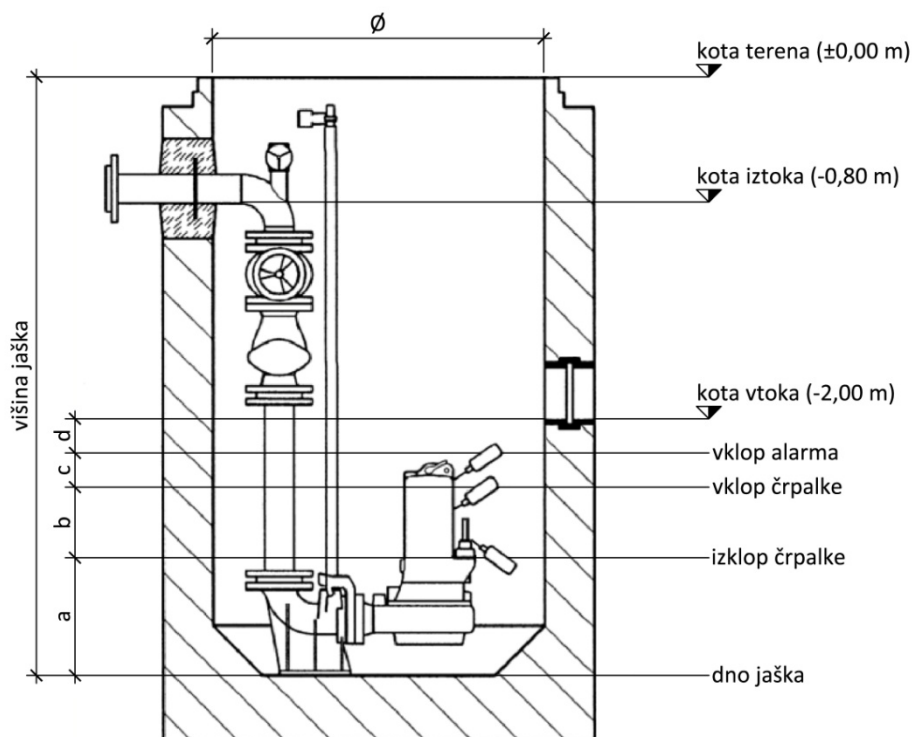
Dimenzije črpalnega jaška so določene na podlagi volumna črpalne komore. Volumen črpalne komore je podan kot razmerje med dotočno količino in številom vklopov črpalke (ATV, 2000):

$$V_{\text{čk}} = 0,9 \cdot \frac{Q_{\text{č}}}{Z} \quad (5.8)$$

$V_{\text{čk}}$  ... volumen črpalne komore [m<sup>3</sup>]

$Z$  ... število vklopov črpalke v eni uri [/h]

Preostale dimenzije so določene v skladu s spodaj prikazano shemo črpalnega jaška.



a = 0,30 m

b = višina črpalne komore (min. 0,20 m)

c = 0,20 m (min. 0,10 m)

d = 0,20 m

Slika 5.4: Shema črpalnega jaška



## 5.2 Izračun črpališč

### 5.2.1 Variantna rešitev 1

Predvidena so naslednja črpališča:

- črpališče Č1 za del naselja Golnik,
- črpališče Č2 za del naselja Goriče,
- črpališče Č3 za naselja Golnik, Goriče, Srednja vas in Letenice,
- črpališče Č4 za naselje Žablje,
- črpališče Č5 za naselje Žablje in del naselja Čadovlje,
- črpališče Č6 za naselja Žablje, Čadovlje, Povlje in Babni vrt,
- črpališče Č7 za naselja Žablje, Čadovlje, Povlje in Babni vrt.

Lokacija predvidenih črpališč in situativni potek tlačnih kanalov je razviden iz grafičnih prilog (št. priloge od B1 do B3).

Dotekajoča količina odpadnih voda na posamezno črpališče je prikazana v spodaj prikazani preglednici 5.1.

Preglednica 5.1: Dotok na črpališče

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
črpališče	onesnaženje			dolžina omrežja		dotok $Q_i$			$\Sigma Q_i$	dotok na črpališče $Q_\epsilon$	
oznaka	$A_0$	$A_{50}$	$Z^*$	$L_0$	$L_0 \cdot 1,2$	$Q_{h,max}$	$Q_{h(z),max}$	$Q_t$	$Q_{max}$	$Q_{max} \cdot C$	
-	[PE]			[m]		[l/s]			[l/s]	[l/s]	[m <sup>3</sup> /h]
Č1	52	67		219	263	1,06		0,21	1,27	1,66	5,97
Č2	200	257		2396	2875	3,12		2,33	5,45	7,08	25,50
Č3	1672	2146	762	14992	17990	17,05	4,47	14,57	36,09	39,70	142,92
Č4	38	49		211	253	0,83		0,21	1,03	1,34	4,83
Č5	102	131		1041	1249	1,82		1,01	2,83	3,68	13,25
Č6	233	299		4372	5246	3,52		4,25	7,77	10,11	36,38
Č7	233	299		4970	5964	3,52		4,83	8,36	10,86	39,10

\* Z ... zdravstvo

Osnovni pogoj pri izbiri cevi tlačnega kanala je hitrost tekočine v cevovodu, podana kot razmerje med dotokom na črpališče in svetlim prečnim prerezem izbrane cevi. Izbral sem PE cevi proizvajalca Minerva d.d., Žalec. Tlačna stopnja izbranih cevi je 12,5 bara.

Preglednica 5.2: Polietilenske cevi

nazivni premer	zunanji premer	debelina stene	svetli premer
DN	d	e	d <sub>i</sub>
[-]	[mm]	[mm]	[m]
80	90	8,2	0,074
100	110	10,0	0,090
	125	11,4	0,102
125	140	12,7	0,115
150	160	14,6	0,131
	180	16,4	0,147
	200	18,2	0,164
200	225	20,5	0,184
	250	22,7	0,205
250	280	25,4	0,229
	315	28,6	0,258
300	355	32,2	0,291
350	400	36,3	0,327

Preglednica 5.3: Izbrane cevi in tlačne izgube

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
črpališče	12,5 bar (SDR 11) ε = 0,25 mm			Reynoldsovo število	relativna hrapavost	koef. trenja	linijske izgube	tlačni kanal	L <sub>T</sub> /d <sub>i</sub> ≥ 500	lokalne izgube
oznaka	d	d <sub>i</sub>	v	Re	ε/d <sub>i</sub>	λ	ΔH <sub>lin</sub>	L <sub>T</sub>	L <sub>T</sub> /d <sub>i</sub>	ΔH <sub>lok</sub>
-	[mm]	[m]	[m/s]		-		[m]	[m]	-	[m]
Č1	90	0,074	0,39	25145	0,003	0,030	0,43	138	1875	0,00
Č2	125	0,102	0,86	77401	0,002	0,025	3,33	358	3503	0,00
Č3	250	0,205	1,21	216717	0,001	0,021	4,24	556	2717	0,00
Č4	90	0,074	0,32	20343	0,003	0,030	1,21	589	8003	0,00
Č5	90	0,074	0,87	55868	0,003	0,028	3,76	259	3519	0,00
Č6	140	0,115	0,98	98496	0,002	0,025	4,26	399	3482	0,00
Č7	140	0,115	1,05	105860	0,002	0,025	2,18	177	1545	0,00

\* SDR = d/e ... standardno dimenzijsko razmerje

V primeru črpališča Č1 in Č4 hitrost ne izpolnjuje pogoja minimalne hitrosti 0,5 m/s, kar lahko povzroči nastajanje oblog na ostenju cevi in posledično daljše zadrževanje odplak v cevovodu. Zato je potrebno na cevovod priključiti napravo za občasno spiranje.

Pri izračunu Reynoldsovega števila je bila privzeta kinematična viskoznost vode pri 15 °C, ki znaša  $1,14 \cdot 10^{-6} \text{ m}^2/\text{s}$ . Zadnji dve preglednici prikazujeta potrebno višino črpanja odpadnih voda, izbrano nazivno moč črpalke in volumen črpalne komore ter dimenzije črpalnega jaška.

Preglednica 5.4: Višina črpanja, nazivna moč črpalke in volumen črpalne komore

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
črpališče	kota terena		višina črpanja $H_{\epsilon}$				izbrana črpalna	št. vklopov črpalke	vol. črpalne komore	vol. tlačnega kanala
oznaka	$H_1$	$H_2$	$H_{\text{geod}}$	$\Delta H_{\text{lin}}$	$\Delta H_{\text{lok}}$	$H_{\epsilon}$	$P_{\epsilon}$	$Z$	$V_{\epsilon}$	$V_T$
-	[m.n.v.]		[m]				[kW]	[/h]	[m <sup>3</sup> ]	[m <sup>3</sup> ]
Č1	453,00	469,00	16,00	0,43	0,00	16,43	3,75	3	0,89	0,59
Č2	452,00	474,00	22,00	3,33	0,00	25,33	15,5	5	4,59	2,94
Č3	430,00	434,00	4,00	4,24	0,00	8,24	10	10	12,86	18,28
Č4	467,00	482,00	15,00	1,21	0,00	16,21	5	1	4,34	2,51
Č5	482,00	497,00	15,00	3,76	0,00	18,76	3,75	4	2,98	1,10
Č6	491,00	500,00	9,00	4,26	0,00	13,26	6,5	6	5,46	4,12
Č7	491,00	501,00	10,00	2,18	0,00	12,18	5	6	5,87	1,83

Preglednica 5.5: Dimenzije črpalnega jaška

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
črpališče	premer jaška	višina jaška	vol. jaška	višina črpalne komore	kota pokrova	kota vtoka	kota iztoka	vklop črpalke	izklop črpalke	dno jaška
oznaka	$\phi$	$H_j$	$V_j$	$H_{\text{čk}}$	k.p.	k.v.	k.i.	v.č.	i.č.	k.d.
-	[m]	[m]	[m <sup>3</sup> ]	[m]	[m.n.v.]					
Č1	1,20	3,49	3,95	0,79	453,00	451,00	452,20	450,60	449,81	449,51
Č2	2,00	4,16	13,07	1,46	452,00	450,00	451,20	449,60	448,14	447,84
Č3	2,50	5,32	26,12	2,62	430,00	428,00	429,20	427,60	424,98	424,68
Č4	1,80	4,41	11,21	1,71	467,00	465,00	466,20	464,60	462,89	462,59
Č5	2,00	3,65	11,46	0,95	482,00	480,00	481,20	479,60	478,65	478,35
Č6	2,00	4,44	13,94	1,74	491,00	489,00	490,20	488,60	486,86	486,56
Č7	2,00	4,57	14,35	1,87	491,00	489,00	490,20	488,60	486,73	486,43

### 5.2.2 Variantna rešitev 2

Odvodnja odpadnih voda se za posamezno naselje zaključi v mali čistilni napravi oz. v primeru naselja Golnik v komunalni čistilni napravi. Zato sta potrebni samo dve črpališči:

- črpališče Č1 za del naselja Golnik in
- črpališče Č2 za del naselja Goriče.

Dimenzije črpališča Č1 in Č2 so identične variantni rešitvi 1. Lokacija predvidenega črpališča Č1 in Č2 ter situativni potek tlačnih kanalov je razviden iz grafične priloge (št. priloge C1).

### 5.2.3 Variantna rešitev 3

Variantna rešitev 3 je zasnovana tako, da se odvodnja odpadnih voda za severovzhodna naselja Žablje, Čadovlje, Povlje in Babni vrt zaključi v mali čistilni napravi. Odvodnja odpadnih voda za preostala naselja je identična variantni rešitvi 1. Zato so predvidena naslednja črpališča:

- črpališče Č1 za del naselja Golnik,
- črpališče Č2 za del naselja Goriče in
- črpališče Č3 za naselja Golnik, Goriče, Srednja vas in Letenice.

Dimenzije črpališč so identične variantni rešitvi 1. Lokacija predvidenih črpališč in situativni potek tlačnih kanalov je razviden iz grafičnih prilog (št. priloge B1 in B2).

## 6 MALE ČISTILNE NAPRAVE

Zaradi razgibanega območja in razpršene poselitve sem v nadaljnjem iskanju nove, morda celo cenejše rešitve, zasnoval še dve varianti. Naslednja, druga variantna rešitev je zasnovana tako, da se zbiranje in čiščenje odpadnih voda za posamezno naselje vrši v malih čistilnih napravah. Zasnova zadnje (tretje) rešitve pa je izdelana na podlagi sinteze prvih dveh variantnih rešitev, kjer prevladuje »klasična« zasnova (variantna rešitev 1), medtem ko sem za naselja Povelje, Babni vrt, Žablje in Čadovlje predvidel identično zasnovo kot pri variantni rešitvi 2.

Čiščenje odpadnih voda za naselje Mlaka pri Kranju je neodvisno od posamezne variantne rešitve in se vrši na CČN Kranj.

## 6.1 Izbrane velikosti čistilnih naprav

Populacijski ekvivalent 1 PE je izhodiščno merilo za določitev velikosti onesnaženja, ki pomeni ekvivalentno onesnaženje, kot ga v povprečju povzroči odrasla oseba (t.j. en prebivalec) v enem dnevu. Ko govorimo o onesnaženju iz industrije ali kmetijstva, potem vrednosti posameznih parametrov lahko preračunamo glede na vrednosti, ki jih povzroča en prebivalec. Običajno preračunavamo samo BPK<sub>5</sub> in KPK. Tipično onesnaženje ene odrasle osebe znaša v enem dnevu (Kompore et al., 2007):

Preglednica 6.1: Tipično onesnaženje ene odrasle osebe v enem dnevu (ATV-DVWK-A 131E)

parameter	oznaka	vrednost za 1 PE	enota
kemijska potreba po kisiku	KPK	120	g O <sub>2</sub> /dan
biokemijska potreba po kisiku, izražena v 5 dneh	BPK <sub>5</sub>	60	g O <sub>2</sub> /dan
izločljive - suspendirane snovi	SS	70	g/dan
organski dušik z amonijakom	TKN	11	g/dan
od tega amonijev dušik	NH <sub>4</sub> -N	75 %	
organski dušik z amonijakom	N <sub>org</sub>	25 %	
celotni fosfor (vključno z detergenti)	P	1,8	g/dan

Mala komunalna čistilna naprava je skladno z Uredbo o emisiji pri odvajanju odpadne vode iz malih komunalnih čistilnih napravah (Uradni list RS, št. 98/2007) naprava za čiščenje komunalne odpadne vode z zmogljivostjo čiščenja, manjšo od 2000 PE, v kateri se komunalna odpadna voda zaradi njenega čiščenja obdeluje z biološko razgradnjo. Biološka razgradnja lahko poteka na naslednji način:

- s prezračevanjem v naravnih ali prezračevanih lagunah,
- v bioloških reaktorjih s postopkom z aktivnim blatom,
- v bioloških reaktorjih s pritrjeno biomaso ali
- z naravnim prezračevanjem s pomočjo rastlin v rastlinski čistilni napravi z vertikalnim tokom.

Velikost čistilne naprave je dimenzionirana na podlagi št. prebivalcev, ki je predvideno za projektno dobo 50-ih let oz. leto 2057 (Preglednica 4.1, stran 26). Kriteriju iz uredbe

navedene na 49. strani ne ustreza naselje Golnik. Naselje Golnik potrebuje čistilno napravo z zmogljivostjo 2127 PE, ki pa je skladno z Uredbo o emisiji snovi pri odvajanju odpadnih vod iz komunalnih čistilnih naprav (Uradni list RS, št. 45/2007) obravnavana kot komunalna čistilna naprava. Pregled izbranih velikosti čistilnih naprav je prikazan v preglednici 6.4 na strani 51.

V tretjem odstavku tega poglavja navedena uredba določa mejne vrednosti izpustov za komunalne čistilne naprave večje od 2000 PE (v nadaljevanju KČN). V naselju Golnik predvidena lokacija KČN ne sodi v okvir občutljivega območja zaradi evtrofikacije in njegovo prispevno območje niti ne v občutljivo območje zaradi kopalnih voda in njegovo prispevno območje. Zato velja v uredbi navedena naslednja preglednica:

*Preglednica 6.2: Mejne vrednosti za koncentracijo neraztopljenih snovi, amonijevega in celotnega dušika, KPK ter BPK<sub>5</sub> (Uredba o emisiji snovi pri odvajanju odpadnih vod iz komunalnih čistilnih naprav, Priloga 2, Preglednica 1)*

parameter	izražen kot	enota	zmogljivost čistilne naprave, izražena v PE		
			≥ 2.000 < 10.000	≥ 10.000 < 100.000	≤ 100.000
neraztopljene snovi	-	mg/l	60	35	35
amonijev dušik	N	mg/l	10**	10**	5**
celotni dušik*	N	mg/l	25**	25**	20**
KPK	O <sub>2</sub>	mg/l	125	110	100
BPK <sub>5</sub>	O <sub>2</sub>	mg/l	25	20	20

\* Celotni dušik je vsota dušika po Kjeldalhu (N-organski + N-NH<sub>4</sub>), nitratnega dušika (N-NO<sub>3</sub>) in nitritnega dušika (N-NO<sub>2</sub>)

\*\* Mejna vrednost za amonijev in celotni dušik se uporablja pri temperaturi odpadne vode 12 °C in več na iztoku aeracijskega bazena

Mejne vrednosti za male čistilne naprave (v nadaljevanju MČN) so določene z uredbo, ki je navedena v drugem odstavku tega poglavja:

*Preglednica 6.3: Mejni vrednosti za KPK in BPK<sub>5</sub> na iztoku male čistilne naprave (Uredba o emisiji snovi pri odvajanju odpadnih vod iz malih komunalnih čistilnih naprav, Priloga 1, Preglednica 1)*

parameter	izražen kot	enota	mejna vrednost emisije
kemijska potreba po kisiku (KPK)	O <sub>2</sub>	mg/l	150
biokemijska potreba po kisiku (BPK <sub>5</sub> )	O <sub>3</sub>	mg/l	30

*Preglednica 6.4: Izbrane velikosti čistilnih naprav*

naselje	onesnaženje			izbrana velikost čistilne naprave			
	A <sub>50</sub>	Z*	Σ	variantna rešitev 2		variantna rešitev 3	
		[PE]		[PE]	ČN	[PE]	ČN
Babni vrt	71		118	120	•	120	•
Povlje	47						
Bobovek	184		184	200	•		
Čadovlje	132		132	140	•	140	•
Golnik - naselje	1365						
Golnik - bolnišnica (osebje)		229,5	2127	2150	•		
Golnik - bolnišnica (postelje)		532,5					
Goriče	477		583	590	•		
Srednja vas	105						
Letenice	140		140	140	•		
Pangršica	95		95	100	•		
Srakovlje	126		126	130	•		
Tatinec	80		80	80	•		
Tenetiše	512		512	560	•		
Trstenik	435		435	450	•		
Žablje	49		49	50	•	50	•
<b>Σ</b>	<b>3818</b>	<b>762</b>	<b>4580</b>	<b>4710</b>		<b>310</b>	

\* Z ≡ zdravstvo

*Legenda:*

- mala komunalna čistilna naprava
- komunalna čistilna naprava



## 6.2 Biološka čistilna naprava HiPAF

Čistilne naprave HiPAF proizvaja podjetje WPL Limited (Hampshire, Velika Britanija), ki je v Sloveniji zastopano s strani podjetja F3m Levstek in družbeniki. V prevodu HiPAF SAF pomeni visoko učinkovita aerobna biološka čistilna naprava z biofiltracijo preko fiksirane biomase (ang. High Performance Aerated Filter – Submerged Aerated Filter).

Čistilna naprava HiPAF združuje kombinacijo čiščenja odpadne vode s pritrjeno in suspendirano biomaso. Velikost čistilne naprave se lahko popolnoma prilagodi potrebam naročnika, kar je prednost čistilnih naprav podjetja WPL Limited.



Slika 6.1: Primer vgrajene modularne čistilne naprave HiPAF  
(<http://www.web4water.com>)

Čistilna naprava se v celoti vgradi pod zemljo. Vzdrževanje in odvoz blata je zlahka dostopno preko velikih pokrovov, ki so plinsko nepropustni in so v nivoju zemljišča. Vgradnja je poenostavljena, ker je čistilna naprava izdelana v plastiki ojačani s steklenimi vlakni. Kompletna odsotnost mehanskih in električnih delov v nečistem okolju omogoča varno delo vzdrževalcev ter stabilno obratovanje čistilne naprave.

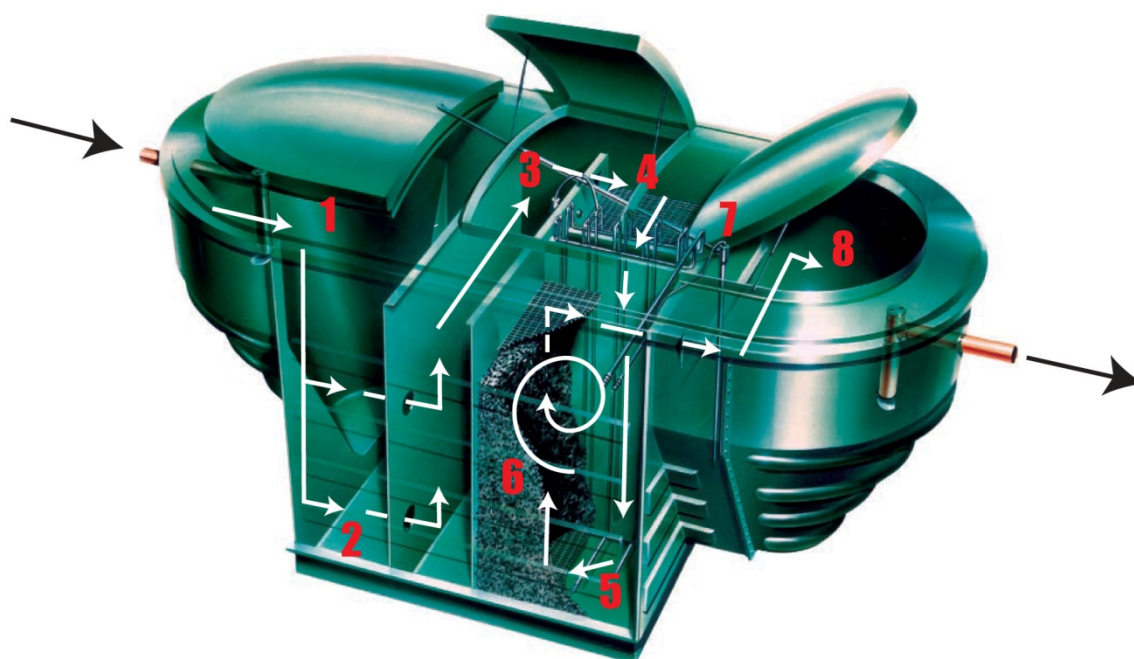
### 6.2.1 Moduli čistilne naprave

Čistilna naprava HiPAF je sestavljena iz 3 modulov:

- primarni usedalnik,
- aerobna stopnja in

- naknadni (sekundarni) usedalnik.

Po velikosti se delijo na kompaktne čistilne naprave (1-60 PE), srednje čistilne naprave (60-250 PE) in modularne čistilne naprave (250-3000 PE), ki so narejene v obliki posameznih bazenov, ki se nizajo drug za drugim. Obratovanje oz. proces čiščenja v čistilni napravi je v vseh primerih enak.



- 1 Primarni usedalnik
- 2 Usedle snovi na dnu primarnega usedalnika
- 3 Unikatna zračna natega za pretok vode v sistemu za aerobno biološko čiščenje
- 4 Bioško čiščenje s pritrjeno biomaso
- 5 Zračni difuzorji na dnu vsakega segmenta sistema za aerobno biološko čiščenje
- 6 Filtrirni medij - nasut sloj plastičnih nosilnih elementov
- 7 Zračna natega usedlega blata nazaj v primarni usedalnik
- 8 Naknadni (sekundarni) usedalnik

Slika 6.2: 3D grafični prikaz čistilne naprave HiPAF – srednja velikost

(<http://www.wpl.co.uk>)

Čistilna naprava je opremljena tudi z vodotesnim in zvočno izoliranim kioskom. Izdelan je tako kot čistilna naprava v plastiki ojačani s steklenimi vlakni. Kiosk se postavi na betonsko ploščo v nivoju zemljišča. V ohišju je instalirano puhalo, kontrolna enota z ventili ter razdelilnik zraka.



Slika 6.3: Primer srednje čistilne naprave HiPAF in kioska  
(<http://www.wpl.co.uk>)

## 6.2.2 Proces čiščenja v čistilni napravi

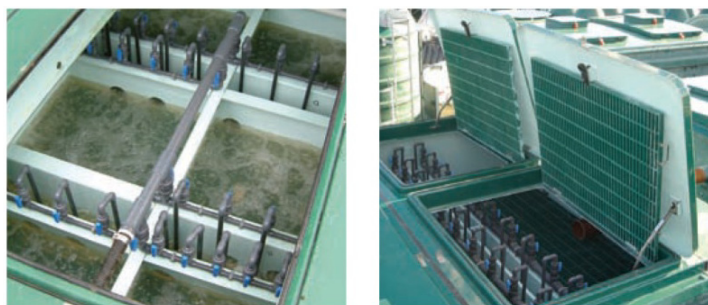
- **1. stopnja - primarno usedanje**

Primarni usedalnik je narejen skladno s standardom BS6297, ki zagotavlja ustrezní zadrževalni čas, da se pri procesu primarnega usedanja izloči 30 % vhodnega BPK<sub>5</sub>. Pri čistilnih napravah HiPAF pod 500 PE je shranjevanje blata integrirano v primarnem usedalniku. Primarni usedalnik je opremljen s pregradami, ki preprečuje plavajočim snovem, da vstopijo v biološko stopnjo čiščenja. Vključuje tudi t.i. »feed forward« sistem zračne natege, ki omogoča nižanje nivoja v primarnem usedalniku v času nižjega dotoka. Na ta način je omogočen dodaten volumen v usedalniku, ki je na razpolago pri povečanem pretoku dotoka (F3m, 2010).

Čistilne naprave HiPAF ne potrebujejo vhodnih grobih-finih grabelj in sit, ker v notranjosti nimajo nobene mehanske in električne opreme, kot so potopna mešala, črpalke, itd. Čistilne naprave, ki imajo tovrstno opremo, potrebujejo grablje/sita, da večji kosi (blago, vrečke, ...) v odpadni vodi ne zamašijo in poškodujejo mešal in črpal. Večji kosi trdnih odpadkov, ki pridejo na čistilno napravo skozi dotočni kanal, se takoj usedejo na dno v prvi coni primarnega usedalnika. Posebne pregrade z luknjami preprečujejo, da bi te snovi prešle v drugo cono primarnega usedalnika in naprej v biološko stopnjo. Vsa usedla vsebina vključno z večjimi kosi trdnih odpadkov se nato izčrpa iz čistilne naprave ob odvozu odvečnega blata.

- **2. stopnja – biološko čiščenje**

Po primarnem usedanju se zgornji del odpadne vode preljuje v reaktor namenjen aerobnemu biološkemu čiščenju s pomočjo preliva in preko posebne zračne natege za dodaten pretok v aerobno stopnjo v času nizkega dotoka. Pritrjena biomasa v sistemu za aerobno biološko čiščenje je razdeljena v več zaporedno vezanih segmentov, da omogoča odpadni vodi dober stik z aktivno biomaso. Pretok v segmentih je vedno speljan od dna proti vrhu. Vsak sistem za aerobno biološko čiščenje deluje kot »filter«, ki je napolnjen z velikimi plastičnimi nosilnimi elementi, ki omogočajo rast biofilma tako za heterotrofne kot avtotrofne mikroorganizme (nitrifikatorje). Proces odstranjevanja ogljikovih spojin in proces nitrifikacije tako deluje stabilno tudi pri povečani obremenitvi. Zrak za prezračenje dotoka in vračanje odvečne biomase iz filtrirnega medija se vpihuje preko talnih difuzorjev v vsak segment sistema za aerobno biološko čiščenje.



*Slika 6.4: Aerobna stopnja – vpihovanje zraka preko talnih difuzorjev  
(<http://www.wpl.co.uk>)*

Nosilni elementi v aerobni stopnji so nasuti praktično v celotnem volumnu aerobne stopnje (nad 80 % polnitev), ki je ograjeno s posebnimi mrežami za zadrževanje nosilnih elementov. Aktivna specifična površina nosilnih elementov je  $220 \text{ m}^2/\text{m}^3$ . Povratno spiranje biomase iz nosilnih elementov ni potrebno, saj je zagotovljen dovolj močan tok zraka, ki pomaga pri luščenju biomase iz preveč obraslih nosilnih elementov. Odvečno aktivno blato se nato usede v naknadnem usedalniku in nato s pomočjo zračne natege vrne v primarno stopnjo. Koncentracija kisika je v začetku aerobne stopnji okoli  $4 \text{ mg/l}$ , na koncu kjer pa je proces praktično končan, pa je koncentracija kisika okoli  $7 \text{ mg/l}$  (F3m, 2010).



Slika 6.5: Nosilni elementi v aerobni stopnji  
(<http://www.f3m.si>)

- **3. stopnja – naknadno usedanje**

Po končanem biološkem čiščenju se odpadna voda skupaj z biomaso prelije v naknadni končni usedalnik, kjer se biomasa usede na dno. Usedalnik je opremljen z zračno natego, ki neprestano črpa usedlo blato v primarni usedalnik, kjer se ponovno usede skupaj s primarnim blatom. Bistri iztok pa izteka gravitacijsko v iztočno cev.

Proizvajalec zagotavlja sledeče iztočne koncentracije (95 percentil):

- BPK<sub>5</sub> 20 mg/l
- suspendirane (neraztopljene) snovi 30 mg/l

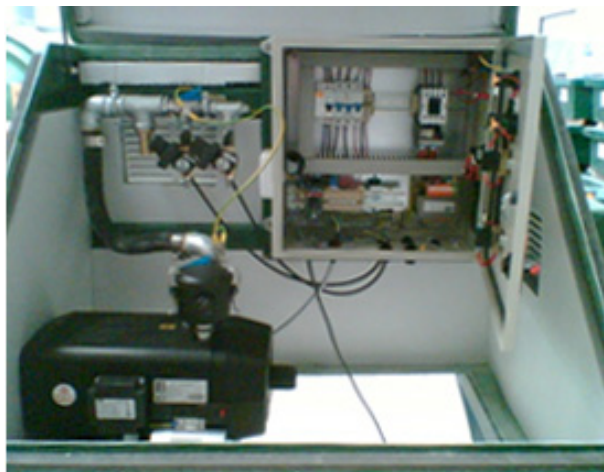
- **Kiosk**

V ohišju instalirano puhalo vpahuje zrak v aerobno biološko stopnjo, ki ga sočasno upravljata avtomatska kontrolna ventila. Ventila regulirata delovanje dveh zračnih nateg in sicer za (F3m, 2010):

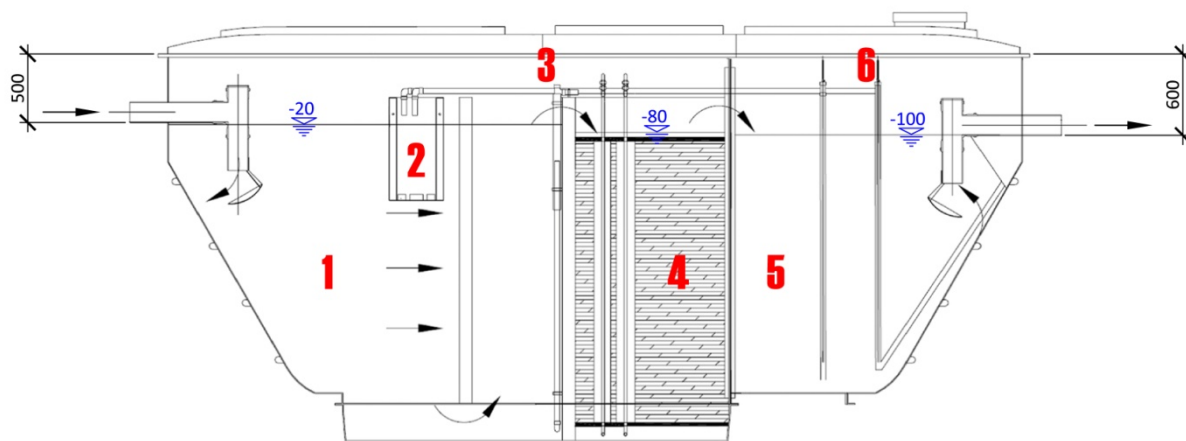
- Črpanje vode iz primarnega usedalnika v aerobno stopnjo v času nizkega pretoka. Zračna natega za črpanje odpadne vode iz primarnega usedalnika v aerobno stopnjo deluje po principu »feed forward«. Večina odpadne vode teče v aerobno stopnjo gravitacijsko preko V jeza. V času nizkega pretoka (nočni čas) pa se s pomočjo zračne natega del vode prečrpa v aerobno stopnjo. Na ta način se zagotovi stalni pretok odpadne vode v aerobni stopnji in sočasno zagotovi dodatni volumen, ki tako služi kot

delni egalizacijski bazen. V času maksimalnega pretoka je tako zagotovljen minimalni zadrževalni čas 2 ur v aerobni stopnji. Z zračno natego se tako nivo vode v primarnem usedalniku zniža do 300 mm.

- Dovod usedlega aktivnega blata iz naknadnega usedalnika v primarno stopnjo. Ta črpalka se vklopi na vsakih 45 minut za 4 minute.



Slika 6.6: Puhalo, avtomatska kontrolna ventila in razdelilnik zraka  
(<http://www.f3m.si>)



- 1 Primarni usedalnik
- 2 Umirjevalna posoda za povratno blato
- 3 Zračna natega (dodaten pretok v aerobno stopnjo v času nizkega dotoka)
- 4 Aerobno biološko čiščenje (filterni medij + nosilni elementi)
- 5 Naknadni (sekundarni) usedalnik
- 6 Zračna natega (črpanje usedlega blata v primarni usedalnik)

Slika 6.7: Proces čiščenja v čistilni napravi HiPAF – srednja velikost  
(<http://www.wpl.co.uk>)

### 6.2.3 Dimenzije čistilnih naprav

Podjetje WPL Limited je na podlagi podatkov o velikosti onesnaženja oz. izbrani velikosti čistilne naprave za posamezno naselje (*Preglednica 6.4: Izbrane velikosti čistilnih naprav*) dimenzioniralo velikosti posameznih modulov.

*Preglednica 6.5: Dimenzije predvidenih čistilnih naprav*

naselje	dimenzije čistilne naprave						
	oznaka	PE	tip	dimenzije modulov [m]			
				dolžina	širina	višina	opomba
Babni vrt + Povelje	ČN1	120	•	6,55	3,00	3,00	
Bobovek	ČN2	200	•	10,40	3,00	3,00	
Čadovlje	ČN3	140	•	7,60	3,00	3,00	
Golnik	ČN4	2150	•	6,00	-	5,50	2x radialni primarni usedalnik
				4,80	2,86	3,00	4x aerobna stopnja
				6,00	-	5,50	2x radialni sekundarni usedalnik
				6,00	-	3,90	1x radialni usedalnik/izločevalec blata
Goriče + Srednja vas	ČN5	590	•	8,90	3,00	3,00	primarni usedalnik
				5,40	3,00	3,00	aerobna stopnja
				8,70	3,00	3,00	sekundarni usedalnik
Letenice	ČN6	140	•	7,60	3,00	3,00	
Pangršica	ČN7	100	•	5,85	3,00	3,00	
Srakovlje	ČN8	130	•	7,10	3,00	3,00	
Tatinec	ČN9	80	•	5,40	3,00	3,00	
Tenetiše	ČN10	560	•	8,90	3,00	3,00	primarni usedalnik
				5,20	3,00	3,00	aerobna stopnja
				8,70	3,00	3,00	sekundarni usedalnik
Trstenik	ČN11	450	•	7,35	3,00	3,00	primarni usedalnik
				4,20	3,00	3,00	aerobna stopnja
				6,20	3,00	3,00	sekundarni usedalnik
Žablje	ČN12	50	•	3,16	-	2,85	radialna oblika tlorisa

*Legenda:*

- kompaktna čistilna naprava
- srednja čistilna naprava
- modularna čistilna naprava

#### 6.2.4 Količina blata za odvoz

Prebivalec (1 PE) dnevno proizvede 60 g BPK<sub>5</sub>/dan/PE oz. 0,06 kg BPK<sub>5</sub>/dan/PE. Faktor pretvorbe obremenitve po BPK<sub>5</sub> v odvečno blato (primarno in sekundarno) je 0,018 m<sup>3</sup> blata/kg BPK<sub>5</sub>. Dnevna količina proizvedenega blata na prebivalca znaša:

$$V_{\text{blata}} = 0,06 \frac{\text{kg} \cdot \text{BPK}_5}{\text{dan} \cdot \text{PE}} \cdot 0,018 \frac{\text{m}^3}{\text{kg} \cdot \text{BPK}_5} = 0,00108 \frac{\text{m}^3}{\text{dan} \cdot \text{PE}} \quad (6.1)$$

V praksi se je izkazalo, da je potrebno primarno in sekundarno blato odpeljati po največ 90 dneh, ker se v nasprotnem primeru pojavi smrad (F3m, 2010).

Preglednica 6.6: Količina blata za odvoz

naselje	oznaka	PE	količina blata	interval odvoza
			V <sub>blata</sub> [m <sup>3</sup> ]	t [dan]
Babni vrt + Povelje	ČN1	120	12	90
Bobovek	ČN2	200	19	90
Čadovlje	ČN3	140	14	90
Golnik	ČN4	2150	21	9 (27*)
Goriče + Srednja vas	ČN5	590	20	31
Letenice	ČN6	140	14	90
Pangršica	ČN7	100	10	90
Srakovlje	ČN8	130	13	90
Tatinec	ČN9	80	8	90
Tenetiše	ČN10	560	19	32
Trstenik	ČN11	450	20	42
Žablje	ČN12	50	5	90

\* Dodatni radialni usedalnik/izločevalec blata

#### 6.2.5 Obratovalni monitoring in vzdrževanje čistilne naprave

V skladu s Pravilnikom o prvih meritvah in obratovalnem monitoringu odpadnih vod ter o pogojih za njegovo izvajanje (Uradni list RS, št. 74/2007), mora upravljalec čistilne naprave zagotavljati obratovalni (emisijski) monitorinig odpadnih voda na iztoku čistilne naprave. Obratovalni monitoring izvaja s strani Ministrstva za okolje in prostor pooblaščen laboratorij.



Osnovni parametri odpadne vode, ki se merijo na iztoku čistilne naprave so temperatura, pH-vrednost, neraztopljene in usedljive snovi, KPK in BPK<sub>5</sub>. Število obveznih meritev se določi na podlagi naslednje preglednice:

*Preglednica 6.7: Pogostost prvih meritev za komunalne in skupne čistilne naprave (Pravilnik o prvih meritvah in obratovalnem monitoringu odpadnih vod ter o pogojih za njegovo izvajanje, Priloga 1, Preglednica 1)*

<b>zmogljivost komunalne ali skupne čistilne naprave, izražena v populacijskih ekvivalentih PE</b>	<b>letna pogostost meritev (št. meritev na leto)</b>
≤ 50	1 meritev vsako tretje leto ali ocena o obratovanju*
> 50 < 200	2 meritvi vsako tretje leto
≥ 200 < 1000	2 meritvi vsako drugo leto
≥ 1000 < 2000	2 meritvi vsako leto
≥ 2000 < 10000	prvo leto obratovanja 12 meritev** vsako nadaljnje leto 4 meritve
≥ 10000 < 50000	12 meritev vsako leto
≥ 50000	24 meritev vsako leto

\* Prvih meritev se ne izvaja, če je glede mejnih vrednosti za napravo izdana listina o skladnosti KČN z zahtevami iz predpisa, ki ureja odvajanje odpadnih voda iz malih komunalnih čistilnih naprav

\*\* Poskusno obratovanje se ne šteje kot obratovanje naprave

Poleg obratovalnega monitoringa je potrebno tudi mesečno vzdrževanje čistilne naprave v naslednjem obsegu (F3m, 2010):

- tedenski pregled delovanja puhala in pregled zračenja v aerobni biološki stopnji,
- podrobni pregled stanja v primarni stopnji, biološki stopnji in naknadnem usedalniku,
- podrobni pregled stanja povezovalnih cevi in sistema zračne natege,
- letni servis puhala ter čiščenje notranjosti čistilne naprave.

Podrobni pregled čistilne naprave se vrši pri odvozu odvečnega blata oz. enkrat letno. Na letni ravni je predviden tudi servis puhala in čiščenje notranjosti čistilne naprave.

V preglednici 6.8 je prikazano potrebno letno število meritev oz. vzorčenj odpadne vode na iztoku čistilne naprave in priporočeno število ur povprečnega mesečnega vzdrževanja čistilne naprave s strani proizvajalca WPL Limited.

*Preglednica 6.8: Letno število meritev odpadne vode in mesečno vzdrževanje čistilne naprave*

naselje	oznaka	PE	obratovalni monitoring	vzdrževanje
			[št. meritev   leto]	[h/mesec]
Babni vrt + Povelje	ČN1	120	2   3	4
Bobovek	ČN2	200	2   3	4
Čadovlje	ČN3	140	2   3	4
Golnik	ČN4	2150	4   1	8
Goriče + Srednja vas	ČN5	590	2   2	8
Letenice	ČN6	140	2   3	4
Pangršica	ČN7	100	2   3	4
Srakovlje	ČN8	130	2   3	4
Tatinec	ČN9	80	2   3	4
Tenetiše	ČN10	560	2   2	8
Trstenik	ČN11	450	2   2	4
Žablje	ČN12	50	2   3	4

## 7 ANALIZA INVESTICIJSKIH IN OBRATOVALNIH STROŠKOV

V tem poglavju so variantno obravnavani stroški izgradnje in obratovanja zasnovanega kanalizacijskega omrežja. Analiza je izvedena za celotno kanalizacijsko omrežje.

V obravnavanih investicijah so vključeni stroški gradbenih, zemeljskih, monerskih in zaključnih del. Obratovalni in vzdrževalni stroški se med posamezno variantno rešitvijo razlikujejo. Vsi vzdrževalni stroški upoštevajo stroške investicijskega vzdrževanja (amortizacijo).

Za izvedbo analize obratovalnih stroškov so bile uporabljene naslednje predpostavke:

- predvidena življenjska doba kanalizacijskega sistema: 50 let
- predvidena življenjska doba črpališča: 15 let
- predvidena življenjska doba čistilne naprave: 25 let
- odvajanje odpadne vode: 0,14 €/m<sup>3</sup>
- čiščenje odpadne vode: 0,19 €/m<sup>3</sup>
- cena električne energije: 0,13609 €/kWh
- enkratni odvoz blata do 4,5 m<sup>3</sup>: 82,95 €
- čiščenje blata na CCN Kranj: 41,47 €/m<sup>3</sup>
- stroški obratovalnega monitoringa s strani pooblaščenega laboratorija za čistilne naprave velikosti od 50 do 1000 PE: 138,25 €/meritev
- stroški obratovalnega monitoringa s strani pooblaščenega laboratorija za čistilne naprave velikosti od 1000 do 10000 PE: 184,33 €/meritev
- vzdrževalec čistilne naprave: 11,14 €/h
- okoljska dajatev za onesnaževanje okolja zaradi odvajanja odpadnih voda, znižana za 85 % v kolikor ima naselje čistilno napravo: 0,0792 €/m<sup>3</sup>

## 7.1 Investicijska vrednost

Investicija predvideva dobavo in vgradnjo elementov kanalizacijskega omrežja, ki skupaj tvorijo funkcionalno zaključeno celoto ter vsa potrebna zemeljska dela (izkop, začasno deponiranje izkopnega materiala in zasip). Elementi kanalizacijskega omrežja so revizijski jaški, kanalizacijske cevi, črpalni jaški in črpalke, čistilne naprave, priključitev naprave na električno omrežje, itd. Pri investiciji strojnega dela črpališča sta upoštevani dve črpalki (dvojno črpališče). V stroških investicije so vključeni tudi stroški pod rubriko »ostalo« (stroški služnosti, cenitvena poročila in služnostne pogodbe, investicijska in projektna dokumentacija, projektantsko tehnični nadzor), ki so potrebni za realizacijo zasnovanega kanalizacijskega omrežja od zasnove do izvedbe oz. do pridobitve uporabnega dovoljenja.

Preglednice od 7.1 do 7.3 prikazujejo strošek investicije posamezne variantne rešitve. Cene so v evrih (€) in ne vključujejo DDV.

Strošek investicije variantne rešitve 1 je prikazan v preglednici 7.1.

Preglednica 7.1: Investicijska vrednost variantne rešitve 1

investicijska vrednost			€
<b>kanali</b>			
gravitacijski kanali	41.927,00 m <sup>1</sup>	250,00 €/m <sup>1</sup>	10.481.750,00
tlačni kanali	2.476,00 m <sup>1</sup>	200,00 €/m <sup>1</sup>	495.200,00
			<b>10.976.950,00</b>
<b>črpališča</b>			
Č1 (Golnik - del)	67 PE		8.330,10
Č2 (Goriče - del)	257 PE		19.769,95
Č3 (Golnik, Goriče, Srednja vas, Letenice)	2908 PE		21.944,12
Č4 (Žablje)	49 PE		12.384,54
Č5 (Žablje, Čadovlje - del)	131 PE		12.373,09
Č6 (Žablje, Čadovlje, Povelje, Babni vrt)	299 PE		12.167,94
Č7 (Žablje, Čadovlje, Povelje, Babni vrt)	299 PE		13.167,95
			<b>100.137,70</b>
<b>ostalo</b>			
stroški služnosti	44.403,00 m <sup>1</sup>	10,00 €/m <sup>1</sup>	444.030,00
cenitvena poročila in služnostne pogodbe			166.156,32
investicijska in projektna dokumentacija			221.541,75
projektantsko tehnični nadzor			443.083,51
			<b>1.274.811,58</b>
<b>skupaj [€]</b>			<b>12.351.899,28</b>
<b>skupaj [€/PE]</b>			<b>2.316,13</b>

Strošek investicije variantne rešitve 2 je prikazan v preglednici 7.2.

Preglednica 7.2: Investicijska vrednost variantne rešitve 2

investicijska vrednost			€
<b>kanali</b>			
gravitacijski kanali	30.669,00 m <sup>1</sup>	250,00 €/m <sup>1</sup>	7.667.250,00
tlačni kanali	496,00 m <sup>1</sup>	200,00 €/m <sup>1</sup>	99.200,00
			<b>7.766.450,00</b>
<b>črpališča</b>			
Č1 (Golnik - del)	67 PE		8.330,10
Č2 (Goriče - del)	257 PE		19.769,95
			<b>28.100,06</b>
<b>čistilne naprave</b>			
ČN1 (Babni vrt + Povlje)	120 PE		40.630,14
ČN2 (Bobovek)	200 PE		61.855,83
ČN3 (Čadovlje)	140 PE		47.100,67
ČN4 (Golnik)	2150 PE		516.613,14
ČN5 (Goriče + Srednja vas)	590 PE		139.371,17
ČN6 (Letenice)	140 PE		47.100,67
ČN7 (Pangršica)	100 PE		34.805,70
ČN8 (Srakovlje)	130 PE		44.048,38
ČN9 (Tatinec)	80 PE		33.671,80
ČN10 (Tenetiše)	560 PE		137.724,57
ČN11 (Trstenik)	450 PE		113.385,74
ČN12 (Žablje)	50 PE		24.157,37
			<b>1.240.465,18</b>
<b>ostalo</b>			
stroški služnosti	31.165,00 m <sup>1</sup>	10,00 €/m <sup>1</sup>	311.650,00
cenitvena poročila in služnostne pogodbe			135.525,23
investicijska in projektna dokumentacija			180.700,30
projektantsko tehnični nadzor			361.400,61
			<b>989.276,14</b>
<b>skupaj [€]</b>			<b>10.024.291,38</b>
<b>skupaj [€/PE]</b>			<b>1.879,67</b>

Strošek investicije zadnje, tretje variantne rešitve je prikazan v preglednici 7.3.

Preglednica 7.3: Investicijska vrednost variantne rešitve 3

investicijska vrednost			€
<b>kanali</b>			
gravitacijski kanali	40.551,00 m <sup>1</sup>	250,00 €/m <sup>1</sup>	10.137.750,00
tlačni kanali	1.052,00 m <sup>1</sup>	200,00 €/m <sup>1</sup>	210.400,00
			<b>10.348.150,00</b>
<b>črpališča</b>			
Č1 (Golnik - del)	67 PE		8.330,10
Č2 (Goriče - del)	257 PE		19.769,95
Č3 (Golnik, Goriče, Srednja vas, Letenice)	2908 PE		21.944,12
			<b>50.044,17</b>
<b>čistilne naprave</b>			
ČN1 (Babni vrt + Povlje)	120 PE		40.630,14
ČN3 (Čadovlje)	140 PE		47.100,67
ČN12 (Žablje)	50 PE		24.157,37
			<b>111.888,18</b>
<b>ostalo</b>			
stroški služnosti	41.603,00 m <sup>1</sup>	10,00 €/m <sup>1</sup>	416.030,00
cenitvena poročila in služnostne pogodbe			157.651,24
investicijska in projektna dokumentacija			210.201,65
projektantsko tehnični nadzor			420.403,29
			<b>1.204.286,18</b>
<b>skupaj [€]</b>			<b>11.714.368,53</b>
<b>skupaj [€/PE]</b>			<b>2.196,58</b>

V nadaljevanju prikazano poglavje 7.2 prikazuje obratovalne in vzdrževalne stroške posamezne variantne rešitve.

## 7.2 Letni obratovalni in vzdrževalni stroški

Obratovalni in vzdrževalni stroški za naselja, ki so priključena na kanalizacijsko omrežje upoštevajo naslednje stroške:

- odvajanje in čiščenje odpadne vode,
- letna poraba električne energije,
- vzdrževanje kanalizacijskega sistema v višini 0,5 % investicijske vrednosti,
- vzdrževanje črpališča v višini 0,63 % investicijske vrednosti,
- zavarovanje črpališča v višini 0,77 % investicijske vrednosti,
- letno investicijsko vzdrževanje (amortizacija) kanalizacijskega sistema (kanala) v višini 2 % investicijske vrednosti (doba amortizacije 50 let) in
- letno investicijsko vzdrževanje (amortizacija) črpališča v višini 6,67 % investicijske vrednosti (doba amortizacije 15 let).

V nasprotnem primeru, ko se zbiranje in čiščenje odpadnih voda za posamezno naselje vrši v malih čistilnih napravah, je potrebno poleg nekaterih stroškov omenjenih v prvem odstavku tega poglavja upoštevati še naslednje stroške:

- odvoz in čiščenje blata,
- strošek obratovalnega monitoringa s strani pooblaščenega laboratorija,
- okoljska dajatev za onesnaževanje okolja zaradi odvajanja odpadnih voda, ki se zniža za 85 %,
- mesečno vzdrževanje čistilne naprave,
- zavarovanje čistilne naprave v višini 0,77 % investicijske vrednosti in
- letno investicijsko vzdrževanje (amortizacija) čistilne naprave v višini 4 % investicijske vrednosti (doba amortizacije 25 let).

Letni obratovalni in vzdrževalni stroški so prikazani v preglednicah od 7.4 do 7.6. V preglednici prikazani stroški so označeni z naslednjimi simboli:

- E** ... električna energija
- B** ... odvoz in čiščenja blata na CČN Kranj
- oD** ... okoljska dajatev znižana za 85 %



- OV** ... odvajanje in čiščenje odpadne vode
- V** ... vzdrževanje
- Z** ... zavarovanje
- A** ... linearna amortizacija

Cene so v evrih (€) in ne vključujejo DDV.

Letni obratovalni in vzdrževalni strošek variantne rešitve 1 je prikazan v preglednici 7.4.

Preglednica 7.4: Obratovalni in vzdrževalni strošek variantne rešitve 1

obratovanje vzdrževanje	E	B	oD	OV	V	Z	A	€
<b>kanali</b>								
gravitacijski kanali					52.408,75		209.635,00	262.043,75
tlačni kanali					2.476,00		9.904,00	12.380,00
								<b>274.423,75</b>
<b>CČN Kranj</b>								
Babni vrt				1.324,95				1.324,95
Bobovek				3.444,87				3.444,87
Čadovlje				2.481,27				2.481,27
Golnik				25.631,76				25.631,76
Goriče				8.961,48				8.961,48
Letenice				2.625,81				2.625,81
Mlaka pri Kranju				38.447,64				38.447,64
Pangršica				1.782,66				1.782,66
Povlje				891,33				891,33
Srakovlje				2.360,82				2.360,82
Srednja vas				1.975,38				1.975,38
Tatinec				1.493,58				1.493,58
Tenetiše				9.611,91				9.611,91
Trstenik				8.166,51				8.166,51
Žablje				915,42				915,42
								<b>110.115,39</b>
<b>črpališča</b>								
Č1	4.470,56				52,48		555,34	5.078,38
Č2	18.478,30				124,55		1.318,00	19.920,85
Č3	11.921,48				138,25		1.462,94	13.522,67
Č4	5.960,74				78,02		825,64	6.864,40
Č5	4.470,56				77,95		824,87	5.373,38
Č6	7.748,96				76,66		811,20	8.636,82
Č7	5.960,74				82,96		877,86	6.921,56
								<b>66.318,06</b>
<b>skupaj [€]</b>								<b>450.857,20</b>
<b>skupaj [€/PE]</b>								<b>84,54</b>
<b>skupaj [€/m<sup>3</sup>]</b>								<b>1,23</b>

Sledi letni obratovalni in vzdrževalni strošek variantne rešitve 2, ki je prikazan v preglednici 7.5.

Preglednica 7.5: Obratovalni in vzdrževalni strošek variantne rešitve 2

obratovanje vzdrževanje	E	B	oD	OV	V*	Z	A	€
<b>kanali</b>								
gravitacijski kanali					38.336,25		153.345,00	191.681,25
tlačni kanali					496,00		1.984,00	2.480,00
								<b>194.161,25</b>
<b>CČN Kranj</b>								
Mlaka pri Kranju				38.447,64				38.447,64
								<b>38.447,64</b>
<b>črpališča</b>								
Č1	4.470,56				52,48		555,34	5.078,38
Č2	18.478,30				124,55		1.318,00	19.920,85
								<b>24.999,22</b>
<b>čistilne naprave</b>								
ČN1	1.669,01	2.985,96	3,80		811,22	312,85	1.625,21	7.408,05
ČN2	4.053,30	4.810,72	6,02		811,22	476,29	2.474,23	12.631,79
ČN3	1.669,01	3.649,52	4,44		811,22	362,68	1.884,03	8.380,88
ČN4	17.882,23	17.998,68	23,28		1.806,76	3.977,92	20.664,53	62.353,40
ČN5	7.033,68	14.929,80	19,01		1.345,94	1.073,16	5.574,85	29.976,43
ČN6	1.669,01	3.649,52	4,44		811,22	362,68	1.884,03	8.380,88
ČN7	1.669,01	2.654,20	3,17		811,22	268,00	1.392,23	6.797,83
ČN8	1.669,01	3.151,84	4,12		811,22	339,17	1.761,94	7.737,29
ČN9	1.669,01	1.990,64	2,53		811,22	259,27	1.346,87	6.079,55
ČN10	5.483,88	13.229,48	16,55		1.345,94	1.060,48	5.508,98	26.645,32
ČN11	5.483,88	11.197,35	14,26		811,22	873,07	4.535,43	22.915,21
ČN12	1.669,01	1.493,00	1,58		811,22	186,01	966,29	5.127,12
								<b>204.433,74</b>
<b>skupaj [€]</b>								<b>462.041,86</b>
<b>skupaj [€/PE]</b>								<b>86,64</b>
<b>skupaj [€/m<sup>3</sup>]</b>								<b>1,26</b>

\* Upoštevan strošek obratovalnega monitoringa čistilne naprave

Letni obratovalni in vzdrževalni strošek zadnje, tretje variantne rešitve je prikazan v preglednici 7.6.

Preglednica 7.6: Obratovalni in vzdrževalni strošek variantne rešitve 3

obratovanje vzdrževanje	E	B	oD	OV	V*	Z	A	€
<b>kanali</b>								
gravitacijski kanali					50.688,75		202.755,00	253.443,75
tlačni kanali					1.052,00		4.208,00	5.260,00
								<b>258.703,75</b>
<b>CČN Kranj</b>								
Bobovek				3.444,87				3.444,87
Golnik				25.631,76				25.631,76
Goriče				8.961,48				8.961,48
Letenice				2.625,81				2.625,81
Mlaka pri Kranju				38.447,64				38.447,64
Pangršica				1.782,66				1.782,66
Srakovlje				2.360,82				2.360,82
Srednja vas				1.975,38				1.975,38
Tatinec				1.493,58				1.493,58
Tenetiše				9.611,91				9.611,91
Trstenik				8.166,51				8.166,51
								<b>104.502,42</b>
<b>črpališča</b>								
Č1	4470,56				52,48		555,34	5.078,38
Č2	18478,30				124,55		1.318,00	19.920,85
Č3	11921,48				138,25		1.462,94	13.522,67
								<b>38.521,90</b>
<b>čistilne naprave</b>								
ČN1	1.669,01	2.985,96	3,80		811,22	312,85	1.625,21	7.408,05
ČN3	1.669,01	3.649,52	4,44		811,22	362,68	1.884,03	8.380,88
ČN12	1.669,01	1.493,00	1,58		811,22	186,01	966,29	5.127,12
								<b>20.916,05</b>
<b>skupaj [€]</b>								<b>422.644,12</b>
<b>skupaj [€/PE]</b>								<b>79,25</b>
<b>skupaj [€/m<sup>3</sup>]</b>								<b>1,15</b>

\* Upoštevan strošek obratovalnega monitoringa čistilne naprave

### 7.3 Primerjava stroškov

V preglednicah 7.7, 7.8 in 7.9 je prikazana primerjava investicijskih, obratovalnih in vzdrževalnih ter celotnih stroškov za obravnavane variantne rešitve. Obratovalni in vzdrževalni ter skupni stroški (investicija + obratovalni in vzdrževalni stroški) upoštevajo celotno dobo amortizacije oz. obratovanja.

Preglednica 7.7 prikazuje stroške začetne investicije kanalizacijskega omrežja.

*Preglednica 7.7: Investicijska vrednost posamezne variantne rešitve*

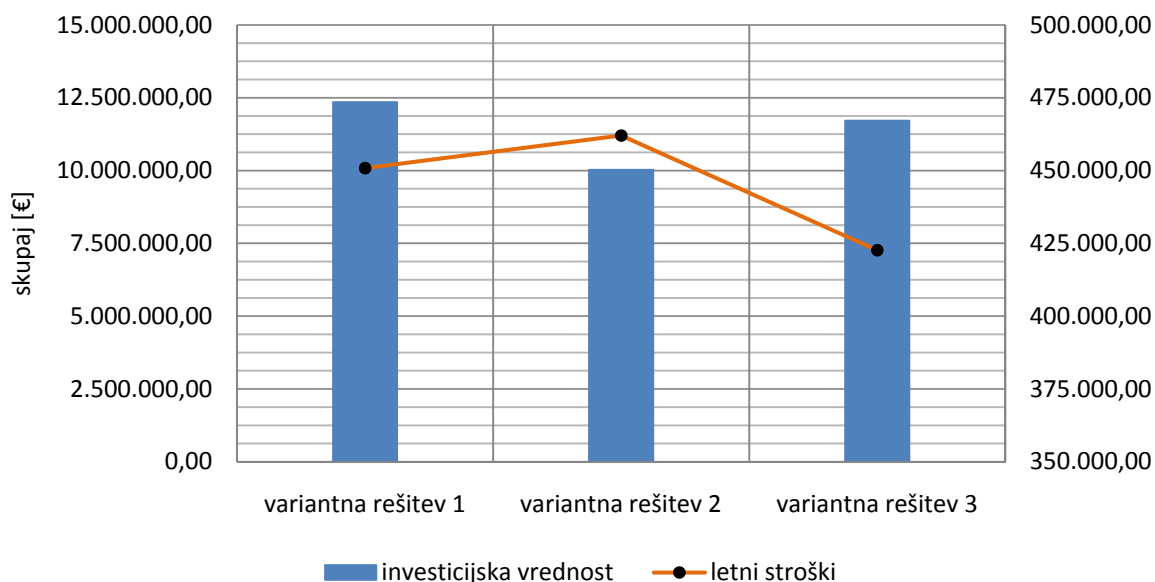
<b>investicijska vrednost</b>	<b>variantna rešitev 1</b>	<b>variantna rešitev 2</b>	<b>variantna rešitev 3</b>
skupaj [€]	12.351.899,28	10.024.291,38	11.714.368,53
skupaj [€/PE]	2.316,13	1.879,67	2.196,58

Preglednica 7.8 prikazuje letne, 25 in 50 letne obratovalne in vzdrževalne stroške kanalizacijskega omrežja.

*Preglednica 7.8: Letni, 25 in 50 letni obratovalni stroški posamezne variante rešitve*

<b>obratovanje vzdrževanje</b>	<b>variantna rešitev 1</b>	<b>variantna rešitev 2</b>	<b>variantna rešitev 3</b>
<b>letni stroški</b>			
skupaj [€]	450.857,20	462.041,86	422.644,12
skupaj [€/PE]	84,54	86,64	79,25
skupaj [€/m <sup>3</sup> ]	1,23	1,26	1,15
<b>25 letni stroški</b>			
obratovalni monitornig ČN za preostalih 24 let [€]	-	45.345,68	6.636,00
obnova črpališča - strojni del [€]	55.612,00	17.845,00	30.260,00
skupaj [€]	11.327.042,00	11.614.237,09	10.602.998,93
<b>50 letni stroški</b>			
obratovalni monitornig ČN za preostalih 49 let [€]	-	91.428,68	13.272,00
obnova črpališča - strojni del [€]	166.836,00	53.535,00	90.780,00
obnova čistilne naprave [€]	-	812.379,75	78.953,82
skupaj [€]	22.709.696,00	24.059.436,25	21.315.211,69

Rezultati iz preglednice 7.7 in letni stroški obratovanja in vzdrževanja iz preglednice 7.8 so prikazani na grafu 7.1.



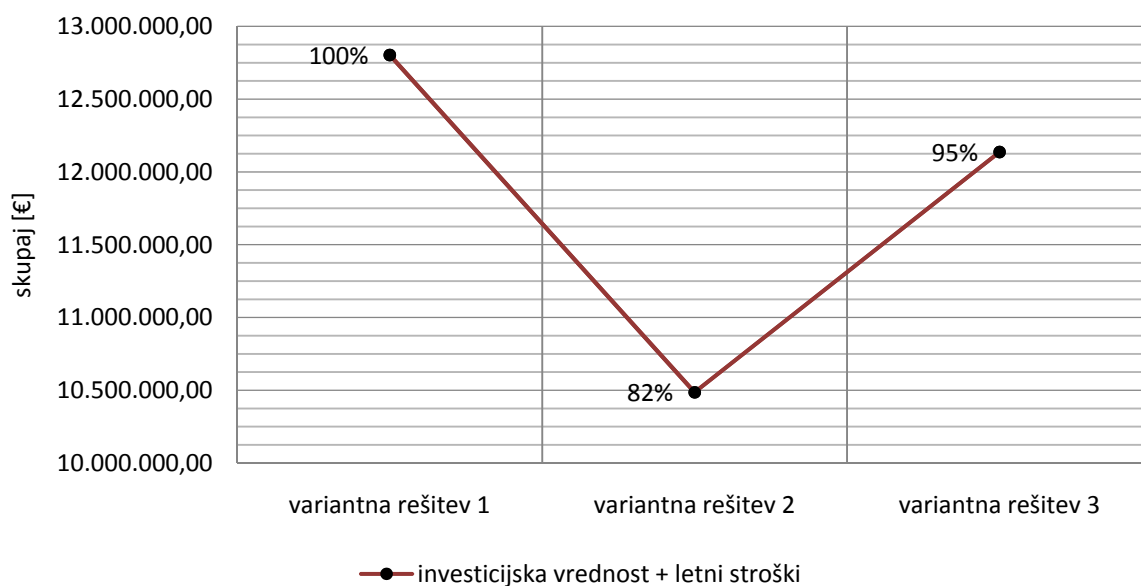
Graf 7.1: Primerjava investicijske vrednosti posamezne variantne rešitve

Zadnja preglednica 7.9 prikazuje skupne letne, 25 in 50 letne stroške kanalizacijskega omrežja.

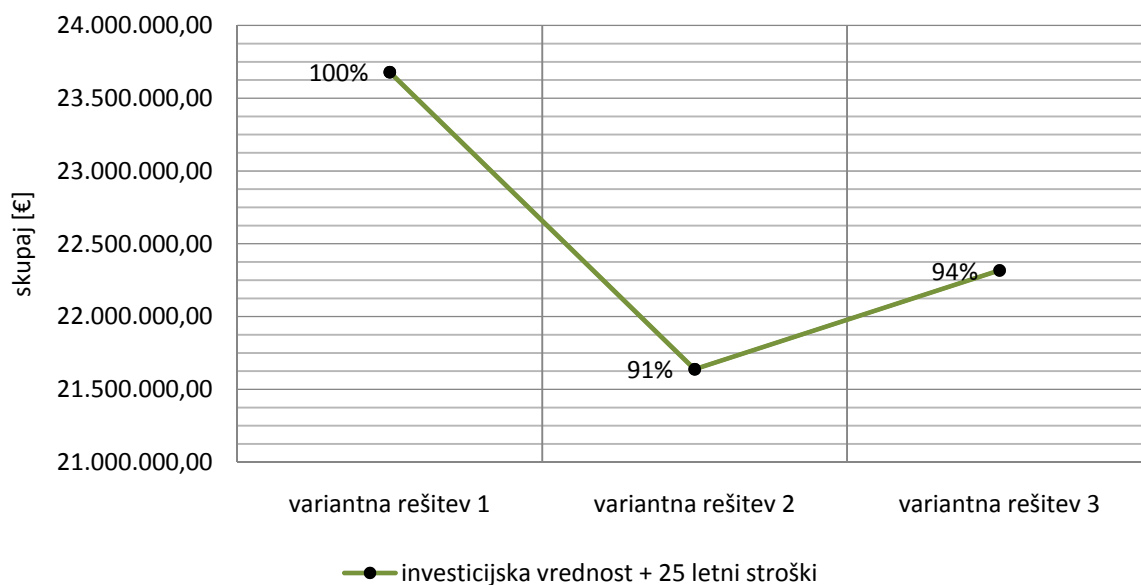
Preglednica 7.9: Skupni letni, 25 in 50 letni stroški posamezne variantne rešitve

investicijska vrednost obratovanje vzdrževanje	variantna rešitev 1	variantna rešitev 2	variantna rešitev 3
<b>investicijska vrednost + letni stroški</b>	100 %	82 %	95 %
skupaj [€]	12.802.756,48	10.486.333,23	12.137.012,64
<b>investicijska vrednost + 25 letni stroški</b>	100 %	91 %	94 %
skupaj [€]	23.678.941,28	21.638.528,47	22.317.367,46
<b>investicijska vrednost + 50 letni stroški</b>	100 %	97 %	94 %
skupaj [€]	35.061.595,28	34.083.727,63	33.029.580,22

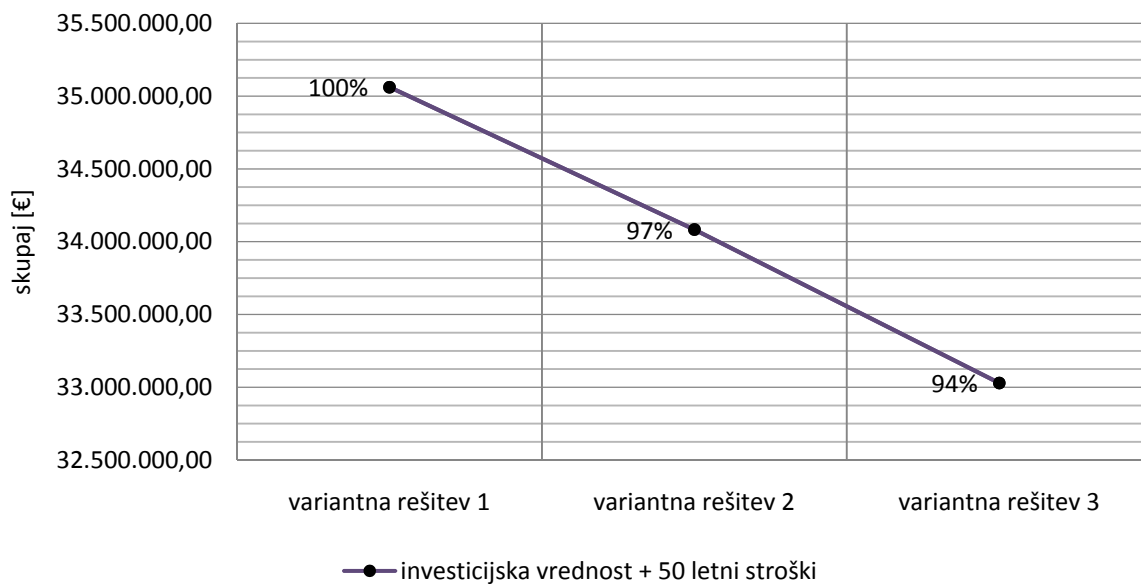
Rezultati iz preglednice 7.9 so prikazani na grafu 7.2, 7.3 in 7.4.



Graf 7.2: Skupni letni stroški posamezne variantne rešitve



Graf 7.3: Skupni 25 letni stroški posamezne variantne rešitve



Graf 7.4: Skupni 50 letni stroški posamezne variantne rešitve



## 8 ZAKLJUČEK

V diplomski nalogi sem predstavil tri variante rešitve odvodnje odpadnih voda za naselja Babni vrt, Bobovek, Čadovlje, Golnik, Goriče, Letenice, Mlaka pri Kranju, Pangršica, Povelje, Srakovlje, Srednja vas, Tatinec, Tenetiše, Trstenik in Žablje. Značilnost obravnavanega območja je razgibana tipologija terena in razpršena poselitve. Temu primerno je bilo zasnovano tudi kanalizacijsko omrežje.

Prva variantna rešitev je zasnovana tako, da se vsa naselja priključijo na novo kanalizacijsko omrežje skupne dolžine 44,4 km. Čiščenje odpadnih voda je predvideno na CČN Kranj. Naslednja variantna rešitev je zaradi razpršene poselitve zasnovana tako, da se zbiranje in čiščenje odpadnih voda za posamezno naselje vrši v malih čistilnih napravah. Izjema je naselje Golnik, ki potrebuje komunalno čistilno napravo z zmogljivostjo 2127 PE. Rešitvi ustrežna je krajša tudi dolžina primarnih in sekundarnih kanalov (31,2 km). Predvidena zasnova zadnje (tretje) rešitve pa je izdelana na podlagi sinteze prvih dveh variantnih rešitev, kjer za večino naselij prevladuje »klasična« zasnova (variantna rešitev 1), medtem ko sem za naselja Povelje, Babni vrt, Žablje in Čadovlje predvidel identično zasnovo kot pri variantni rešitvi 2. Predvidena dolžina primarnih in sekundarnih kanalov skupaj je 41,6 km.

Analiza investicijskih stroškov je pokazala, da je začetna investicija kanalizacijskega omrežja najugodnejša v primeru variantne rešitve 2. Višina investicije znaša 10.024.291,38 € (brez DDV). Medtem, ko je primerjava letnih obratovalnih in vzdrževalnih stroškov na PE oz. m<sup>3</sup> odpadne vode pokazala kot ekonomsko najugodnejšo variantno rešitev 3 (79,25 €/PE oz. 1,15 €/m<sup>3</sup>). Vendar samo letni obratovalni in vzdrževalni stroški ali samo začetna investicija ni zadosten kriterij za presojo ekonomske upravičenosti ene ali druge variantne rešitve. Zato sem izdelal analizo skupnih stroškov (investicija + obratovalni in vzdrževalni stroški), ki upoštevajo celotno dobo amortizacije oz. obratovanja, t.j. 50 let. Po preteku 50 let se je pokazala kot najugodnejša variantna rešitev 3. Od variantne rešitve 1 je cenejša za 6 % in 3 % od variantne rešitve 2.

Pri primerjavi variantne rešitve 1 in 2 je prednost slednje krajša dolžina kanalizacijskega omrežja ter prilagodljiva faznost gradnje glede na razpoložljiva finančna sredstva. Velik minus predstavlja komunalna čistilna naprava, ki je predvidena za naselje Golnik. Iztok čistilne naprave je možen le v bližnji vodotok z izredno majhno pretočno sposobnostjo. Zato je gradnja te čistilne naprave vprašljiva. Z zadnjo, najugodnejšo, variantno rešitvijo se na severovzhodnem predelu obravnavanega območja izognemo gradnji črpališč ter nekaj kilometrov dolgega primarnega kanala, kar je poglobitna prednost te rešitve. Odvodnja preostalih naselij se vrši v smeri CČN Kranj.

## VIRI

ATV-DVWK-A 134E. 2000. Planning and construction of wastewater pumping stations.

Avsec, R., 2010. Vakuumski kanalizacijski sistem. Seminarska naloga. Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo: 61 str.

Kolar, J., 1983. Odvod odpadne vode iz naselij in zaščita voda. Ljubljana, Državna založba Slovenije: 523 str.

Komunala Kranj. Digitalni kataster, 2010. Digitalni kataster javne kanalizacije na območju Mestne občine Kranj.

Maleiner, F., 2002. Načrtovanje in gradnja kanalizacijskih omrežij ter objektov po evropskih normah. 8. strokovni seminar. Ljubljana, Vodan: 45 str.

Malovrh, G., 2008. Idejne rešitve odvodnje in čiščenja odpadnih voda za naselje Muljava z okolico. Diplomatska naloga. Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo: 92 str.

Odlok o odvajanju in čiščenju komunalne odpadne ter padavinske vode na območju Mestne občine Kranj. UL RS št. 85/2004: 10339-10348.

Panjan, J., 2002. Osnove zdravstveno hidrotehnične infrastrukture. Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo: 289 str.

Pravilnik o prvih meritvah in obratovalnem monitoringu odpadnih vod ter o pogojih za njegovo izvajanje. UL RS št. 74/2007: 10506-10519.

Pravilnik o odvajanju in čiščenju komunalne odpadne in padavinske vode. UL RS št. 105/2002: 12311-12315.

Projektivno podjetje Kranj. Idejna zasnova, 1992. Projekt novelacije idejnih rešitev odvajanja in čiščenja odpadnih voda v občini Kranj.

Protim Ržišnik Perc. Idejna zasnova, 2009. Fekalno kanalizacijsko omrežje Golnik – Mlaka.

Protim Ržišnik Perc. Digitalni ortofoto posnetek, 2009. Fekalno kanalizacijsko omrežje Golnik – Mlaka.

Protim Ržišnik Perc. Temeljni topografski načrt, 2009. Fekalno kanalizacijsko omrežje Golnik – Mlaka.

SIST EN 752:2009. 2009. Sistemi za odvod odpadne vode in kanalizacijo zunaj zgradb.

Steinman, F., 1999. Hidravlika 1. ponatis. Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo: 295 str.

Uredba o emisiji snovi pri odvajanju odpadne vode iz komunalnih čistilnih naprav. UL RS št. 45/2007: 6170-6181.

Uredba o emisiji snovi pri odvajanju odpadne vode iz malih komunalnih čistilnih naprav. UL RS št. 98/2007: 13265-13270.

### **INTERNETNI VIRI:**

Bolnišnica Golnik, 2010. Letno poročilo Bolnišnice Golnik – Kliničnega oddelka za pljučne bolezni in alergijo Golnik za leto 2009.  
<http://www.klinika-golnik.si/bolnisnica-golnik/poslovanje/datoteke/letno-porocilo-2009.pdf>  
(14.08.2010)

Elektro Gorenjska  
<http://www.elektro-gorenjska.si/> (06.09.2010)

Faversham House  
<http://www.web4water.com/> (20.05.2010)

F3m Levstek in družbeniki  
<http://www.f3m.si/> (12.05.2010)

Geopedia  
<http://www.geopedia.si/> (03.10.2010)

GIS ARSO  
<http://gis.arso.gov.si/> (16.04.2010)

GIS Kaliopa  
<http://gis.kaliopa.si/MOKranj/frames.asp> (16.04.2010)

Jung Pumpen  
<http://www.jung-pumpen.de/> (20.08.2010)

Kompare, B., Atanasova, N., Uršič, M., Drev, D., Vahtar, M., 2007. Male čistilne naprave na območju razpršene poselitve.  
[http://www.fgg.uni-lj.si/izh/izh1/0\\_Dokumenti/Projekti/MCN/Brosura.pdf](http://www.fgg.uni-lj.si/izh/izh1/0_Dokumenti/Projekti/MCN/Brosura.pdf) (05.08.2009)

Komunala Kranj  
<http://www.komunala-kranj.si/> (28.09.2010)

Komunala Kranj, 2007. Operativni program odvajanja in čiščenja komunalne odpadne in padavinske vode na območju Mestne občine Kranj za obdobje od 2007 – 2017.

[http://www.komunala-kranj.si/pub/files/211\\_Operativniprogramodvajanjainciscenjamok.pdf](http://www.komunala-kranj.si/pub/files/211_Operativniprogramodvajanjainciscenjamok.pdf)  
(16.04.2010)

Komunala Kranj, 2009. Pravilnik za projektiranje, tehnično izvedbo in uporabo javne kanalizacije.

<http://www.komunala-kranj.si/images/stories/tehnicnipravilnikjavnakanalizacija2009.pdf>  
(16.04.2010)

Mestna občina Kranj

<http://www.kranj.si/podrocje.aspx> (16.04.2010)

Minerva Žalec

<http://www.minerva.si/> (19.06.2010)

Statistični urad RS

<http://www.stat.si/> (03.17.2010)

Wikipedia

<http://sl.wikipedia.org/> (16.04.2010)

WILO Adriatic

<http://www.wilo.si/> (15.09.2010)

WPL Limited

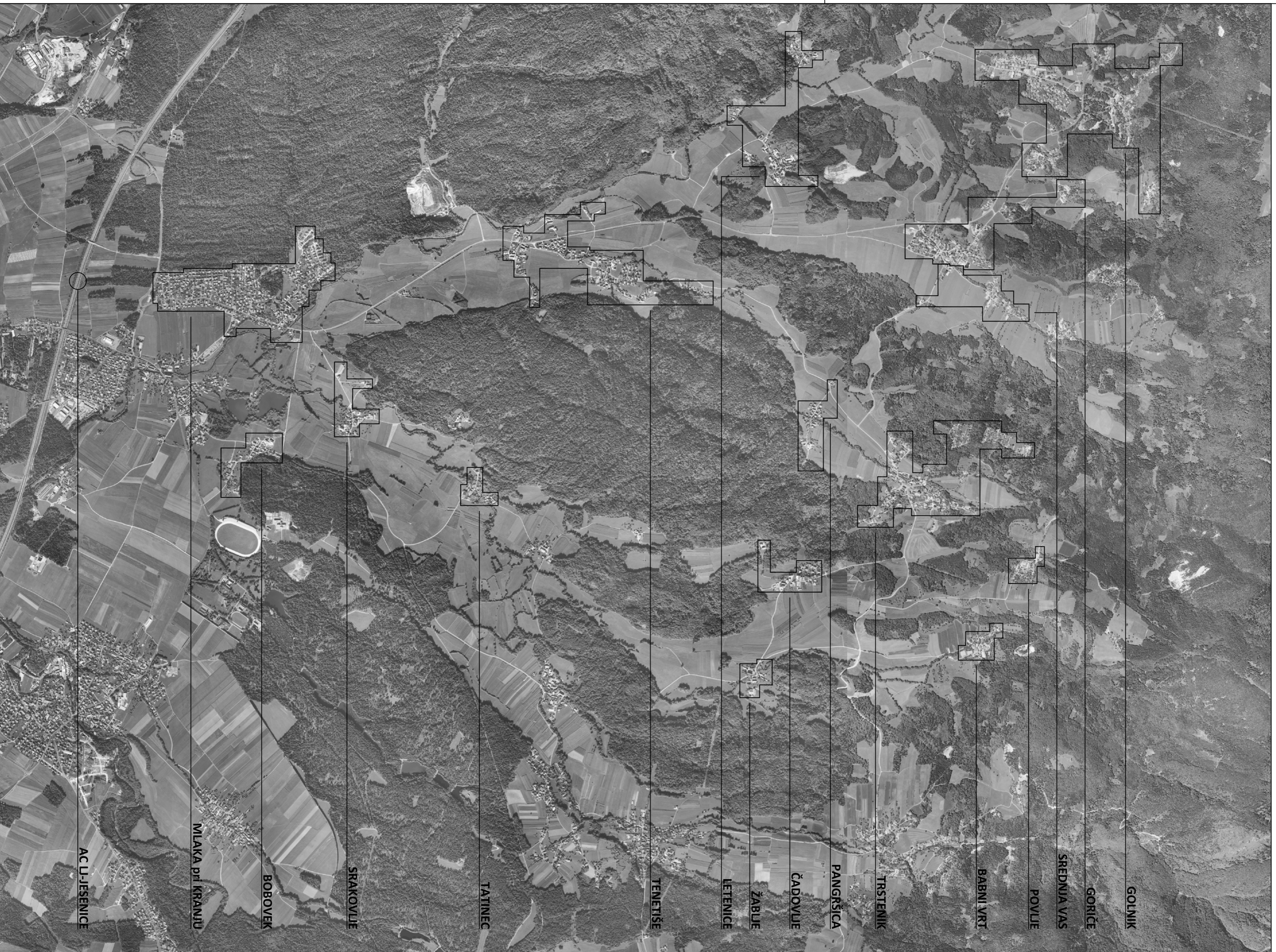
<http://www.wpl.co.uk/> (15.05.2010)

Zavod za zdravstveno varstvo Kranj

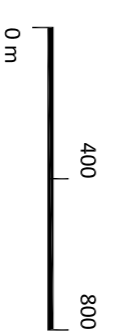
<http://www.zzv-kr.si/> (30.09.2010)

## **GRAFIČNE PRILOGE**

- A Pregledna situacija
- B1 Variantna rešitev 1 - list 1
- B2 Variantna rešitev 1 - list 2
- B3 Variantna rešitev 1 - list 3
- B4 Variantna rešitev 1 - list 4
- C1 Variantna rešitev 2 - list 1
- C2 Variantna rešitev 2 - list 2
- C3 Variantna rešitev 2 - list 3
- C4 Variantna rešitev 2 - list 4
- D Variantna rešitev 3 - list 3



## PRELEDNA SITUACIJA



DIPLOMSKA MALOGA

UNIVERZA V LJUBLJANI  
Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo, FGG  
Jarmova c. 2  
1000 Ljubljana, Slovenija

UNIV. ŠTUDIJI VODARSTVA IN KOMUNALNEGA INŽENIRSTVA

naslov naloge: IDEJNE REŠITVE ODVODNJE ODPADNIH VODA ZA NASELJA OD GOLNIKA DO MLAKE PRI KRANJU

naslov risbe: **PRELEDNA SITUACIJA**

avtor: Rok Avsec

merilo: 1:20000

mentor: prof. dr. Boris Kompare

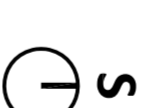
datum: oktober 2010

somentor: asist. dr. Matej Uršič

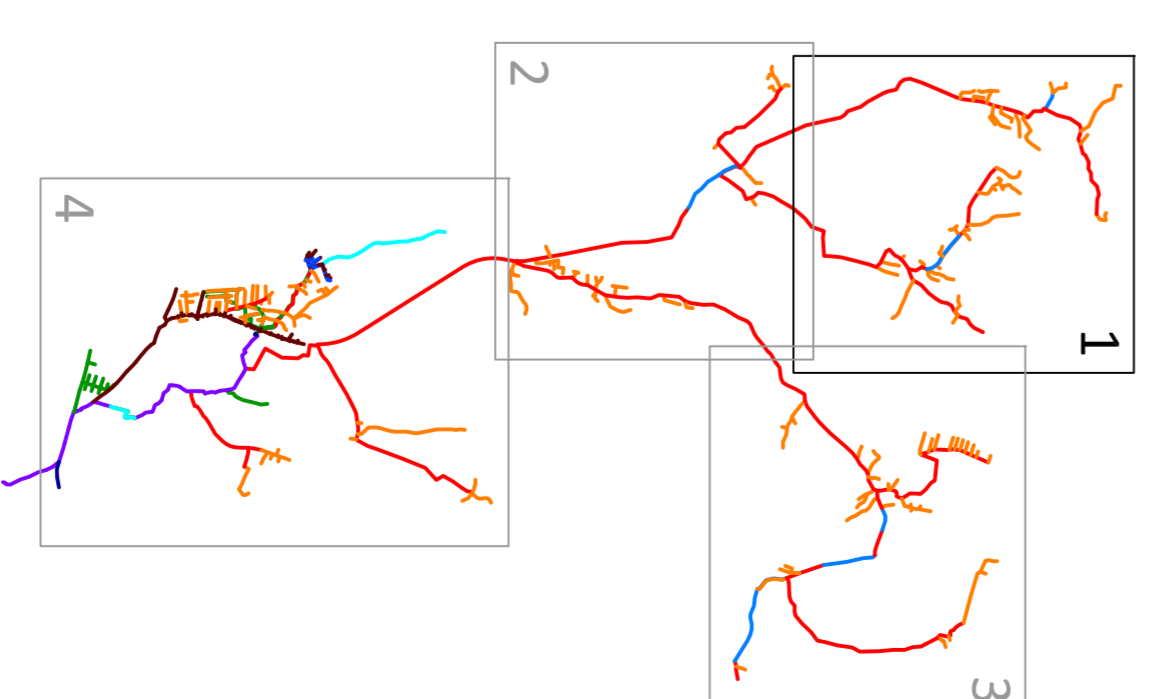
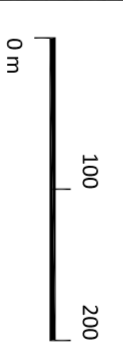
št. priloge: A



## VARIANTNA REŠITEV 1 - LIST 1



- legenda:
- primarni kanal - novo
  - sekundarni kanal - novo
  - tlačni kanal - novo
  - črpalnišče - novo
  - čistilna naprava - obst.



DIPLOMSKA NALOGA

UNIVERZA V Ljubljani  
Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo, FGGS  
Jarmona b. 2  
1000 Ljubljana, Slovenija

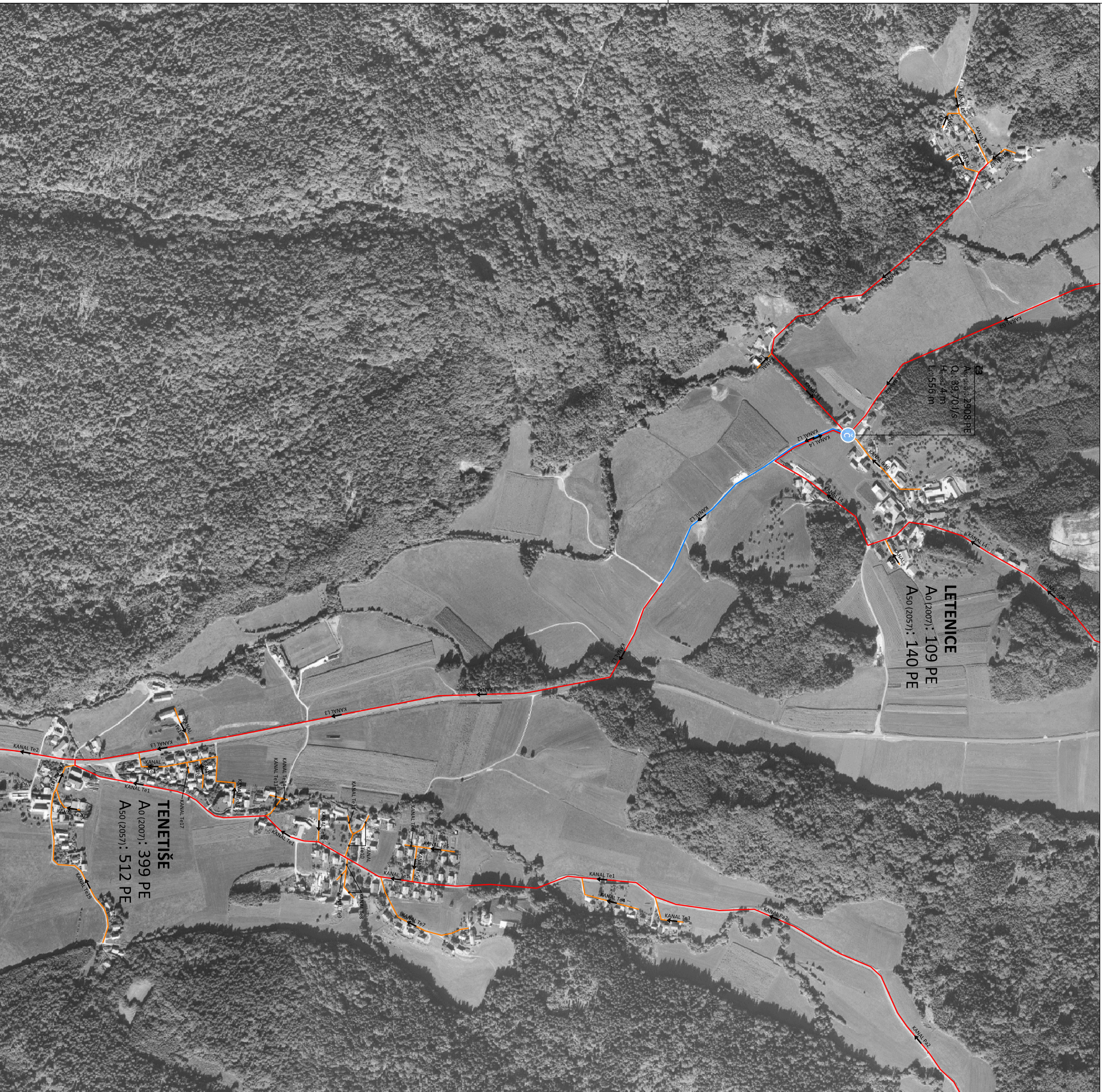
UNIV. ŠTUDIJA VODARSTVA IN KOMUNALNEGA INŽENIRSTVA

naslov naloge: IDEJNE REŠITVE GORVODNEJE VODA ZA NASELJA OD GOLNIKA DO MLAKE PRI KRAJUVU

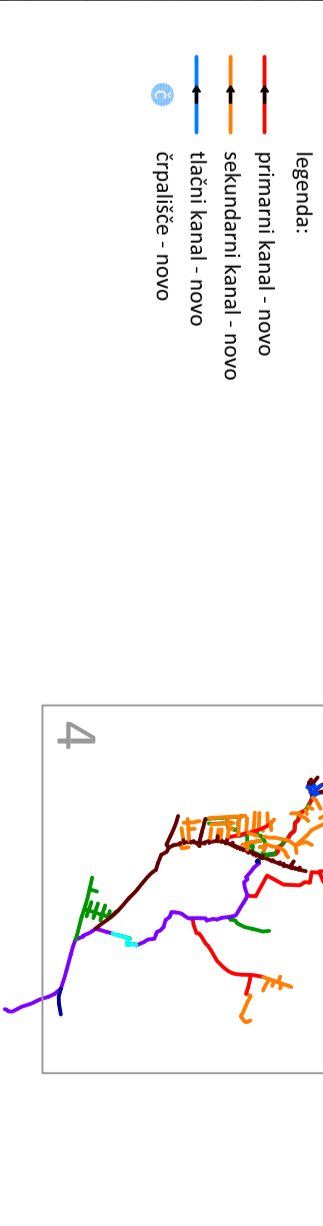
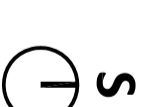
naslov risbe: **VARIANTNA REŠITEV 1 - LIST 1**

avtor:	Rok Avsec	merilo:	1:5000
mentor:	prof. dr. Boris Kompare	datum:	oktober 2010
somentor:	asist. dr. Matej Uršič	št. priloge:	81





## VARIANTNA REŠITEV 1 - LIST 2



0 m  
100  
200

DIPLOMSKA NALOGA

UNIVERZA V Ljubljani  
Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo, FGG  
Jamova c. 2  
1000 Ljubljana, Slovenija

UNIV. ŠTUDIJ VODARSTVA IN KOMUNALNEGA INŽENIRSTVA

naslov naloge: IDEJNE REŠITVE ODVODNE OPRAVILNE VODA ZA MASELJA OD GOLNIKA DO MLAKE PRI KRAVJU

naslov risbe: **VARIANTNA REŠITEV 1 - LIST 2**

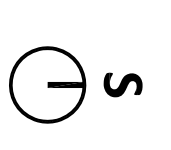
avtor: Rok Avsec merilo: 1:5000

mentor: prof. dr. Boris Kompare datum: oktober 2010

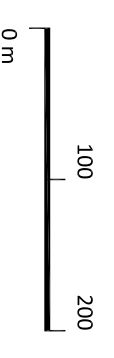
somentor: asist. dr. Matej Uršič št. priloge: B2



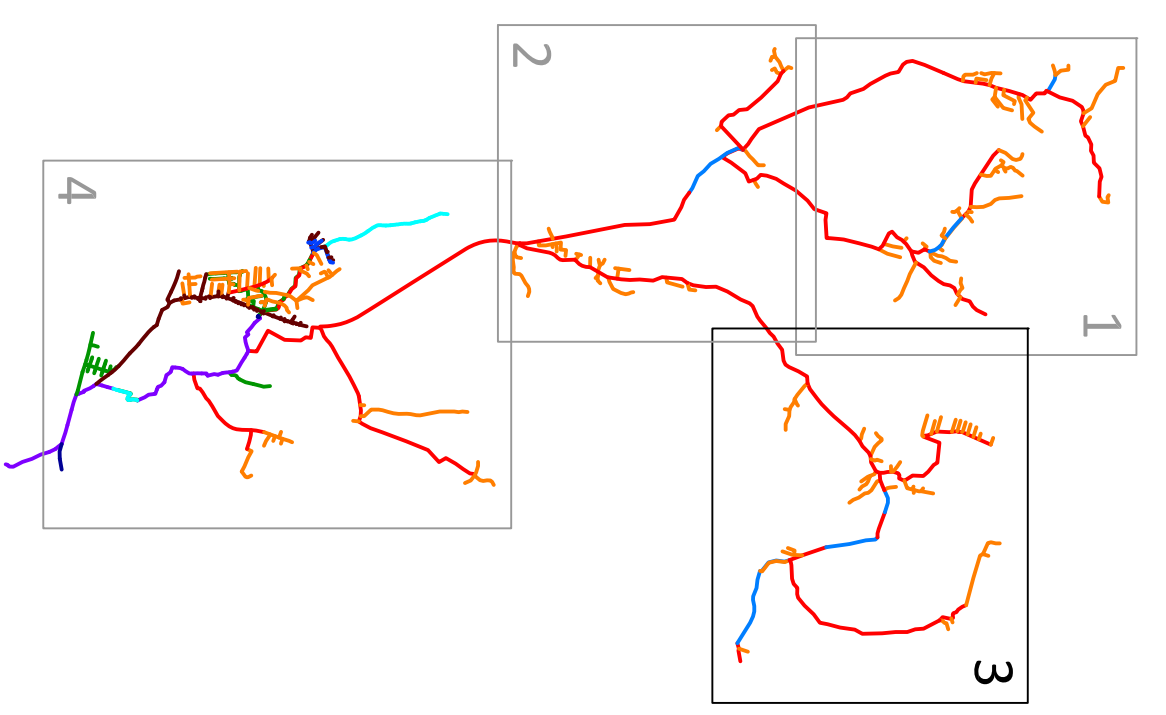
### VARIANTNA REŠITEV 1 - LIST 3



- legenda:
- primarni kanal - novo
  - sekundarni kanal - novo
  - tlačni kanal - novo
  - črpalnice - novo



\* NASELJA Z MANJ KOT 50 PREBIVALCI (50 PE)



DIPLOVSKA NALOGA

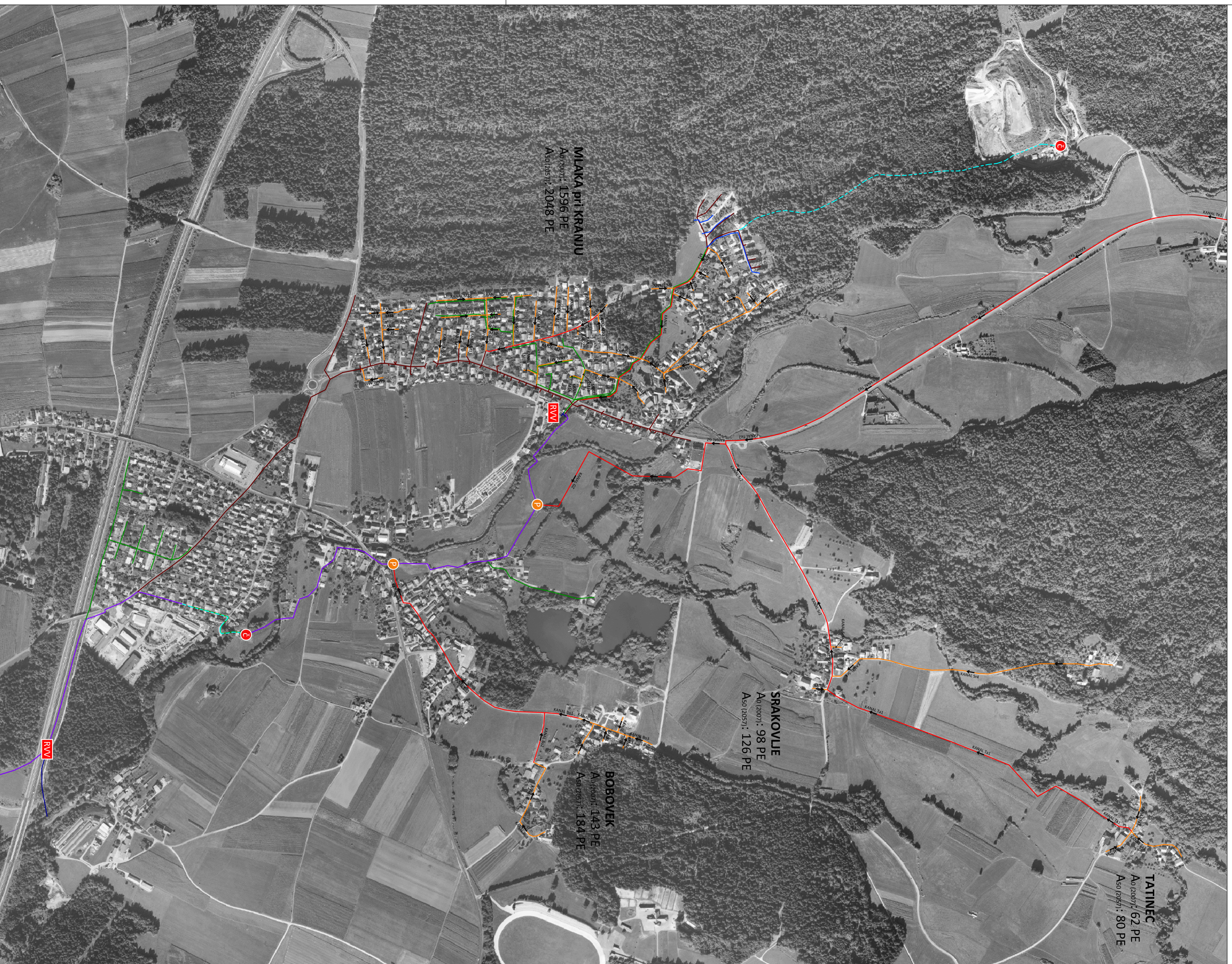
UNIVERZA V LJUBLJANI  
 Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo, FGG  
 Jamova c. 2  
 1000 Ljubljana, Slovenija

UNIV. ŠTUDIJ VODARSTVA IN KOMUNALNEGA INŽENIRSTVA

naslov naloge: IDEJNE REŠITVE ODVODNINE ODPAČNIH VODA ZA NASELJA OD GOLINIČA DO MILARJE PRI KRANJU

naslov ribe: **VARIANTNA REŠITEV 1 - LIST 3**

avtor:	Rok Avsec	merilo:	1:5000
mentor:	prof. dr. Boris Kompare	datum:	oktober 2010
somenteor:	asist. dr. Matej Uršič	št. priloge:	83



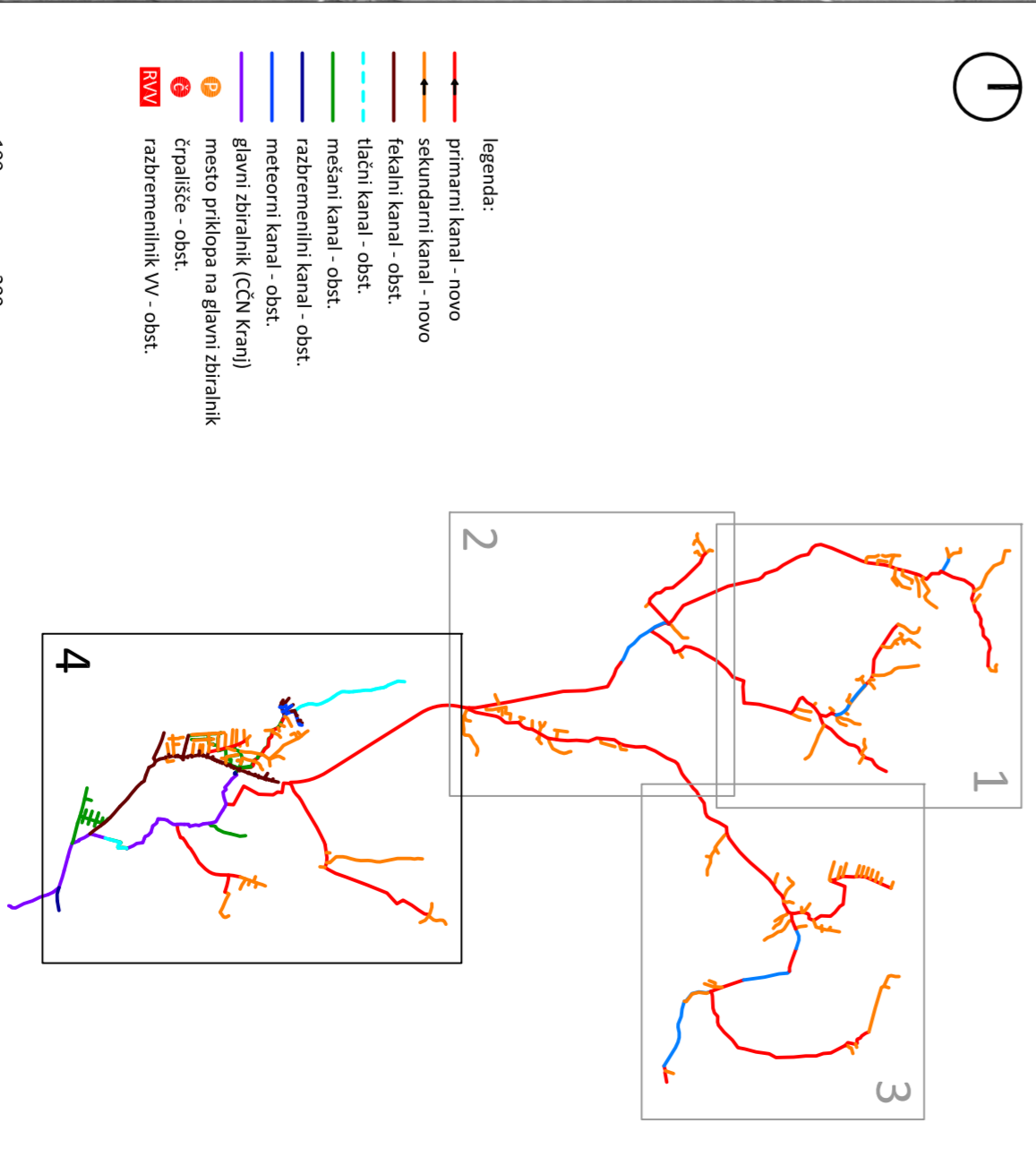
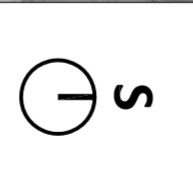
**TATINEC**  
 Ao (2007): 62 PE  
 Ao (2057): 80 PE

**SRAKOVLJE**  
 Ao (2007): 98 PE  
 Ao (2057): 126 PE

**BOBOVEK**  
 Ao (2007): 143 PE  
 Ao (2057): 184 PE

**MLAKA pri KRANJU**  
 Ao (2007): 1596 PE  
 Ao (2057): 2048 PE

**VARIANTNA REŠITEV 1 - LIST 4**



0 m 100 200

**LEGENDA:**

- primarni kanal - novo
- sekundarni kanal - novo
- terciarni kanal - obst.
- zbirni kanal - obst.
- razloveni kanal - obst.
- mešalni kanal - obst.
- glavni žilavnik (CČK Kranj)
- mesto priključa na glavni žilavnik
- obstoječi - obst.
- razloveni - obst.
- razloveni - NV - obst.

**OPISNA MREŽA**

**OPREMA V UREJENJU**

5 - obstoječa, 2 - predvidena in projektirana, 1 - nova

1000 Ljubljana, Slovenija

**UNIV. ŠTUDIJSKI INŽENIRSKI KOLEGIJUM**

**INŽENIRSKA MREŽA ZA VARNOSTNO OSKRBO VODA ZA MESTNO OBČINO Mlake pri Kranju**

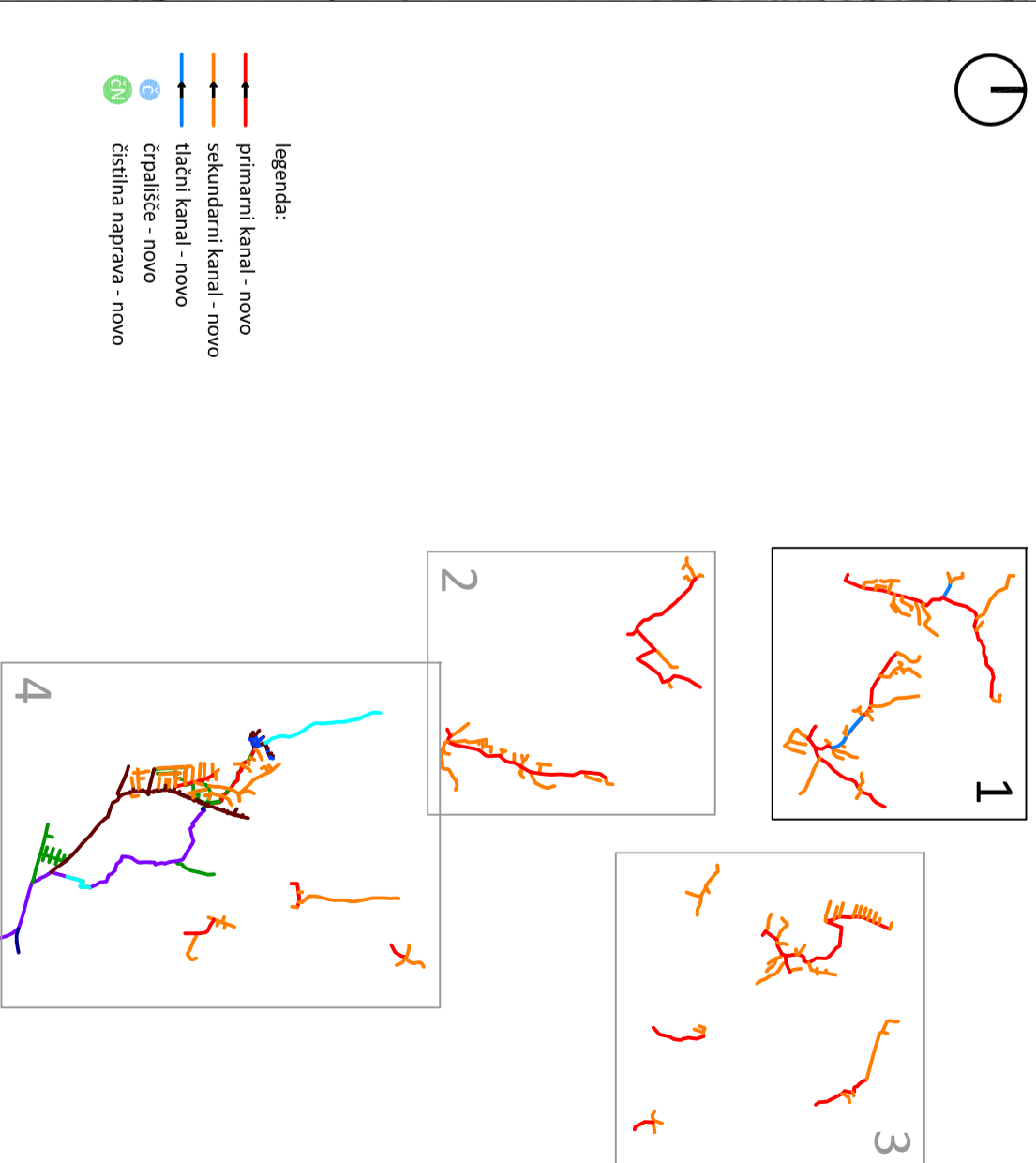
**VARIJANTNA REŠITEV 1 - LIST 4**

avtor:	Rob Avčič	merilo:	1:5000
mentor:	prof. dr. Boris Kompare	datum:	oktober 2010
soavtor:	asist. dr. Matjaž Uršič	št. priloge:	84



## VARIANTNA REŠITEV 2 - LIST 1

5  
①



DIPLOMSKA NALOGA

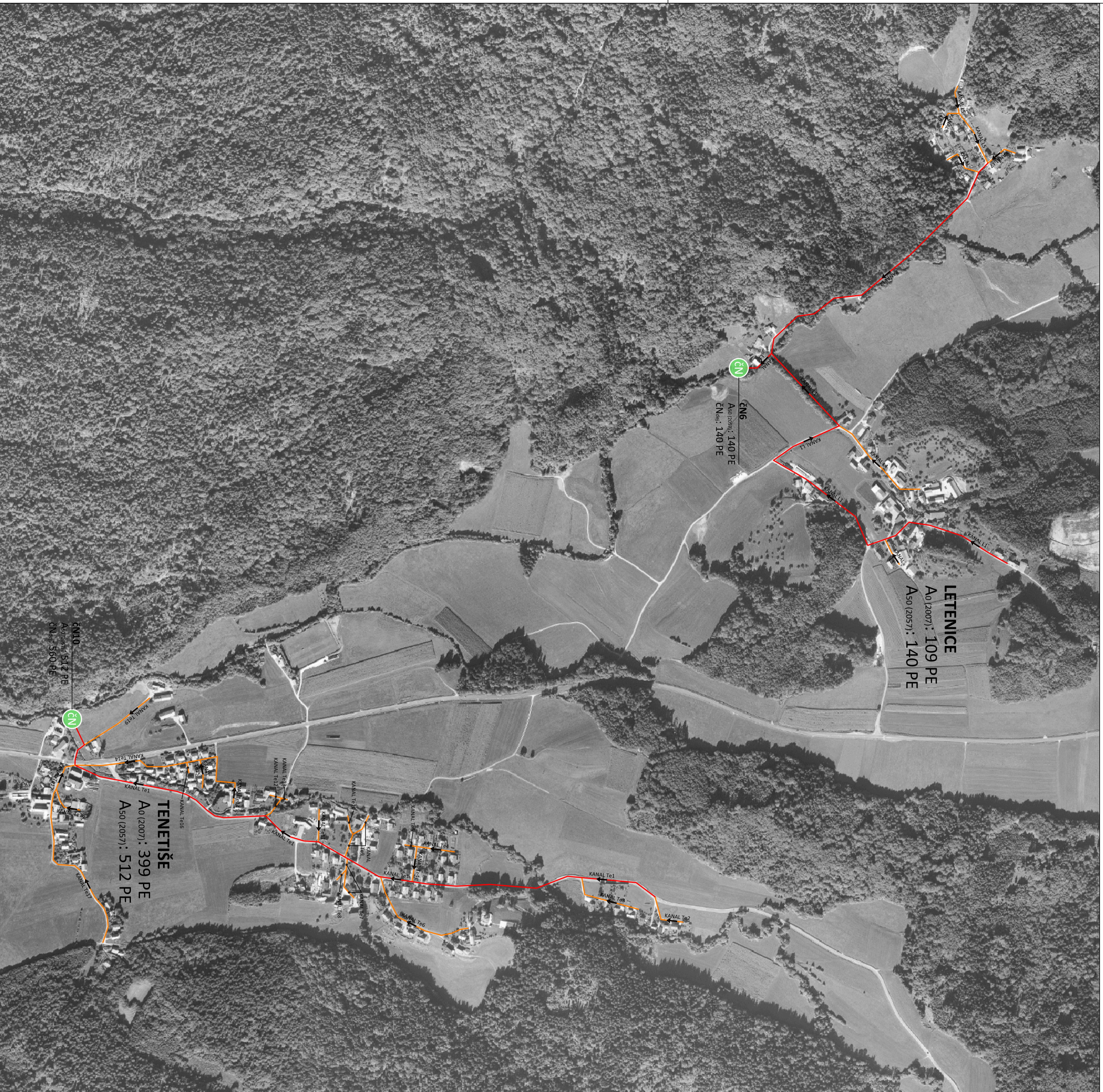
UNIVERZA V LJUBLJANI  
Fakulteta za gradbeništvo in geodetijo, FGG  
Janova b. 2  
1000 Ljubljana, Slovenija

UNIV. ŠTUDIJA VODARSTVA IN KOMUNALNEGA INŽENIRSTVA

naslov naloge: IDEJNE REŠITVE ODVODNINE OPRADNIH VOD ZA MASELJA OD GOLNIKA DO MLAKE PRI KRANJU

naslov risbe: **VARIANTNA REŠITEV 2 - LIST 1**

avtor:	Rož Avsec	merilo:	1:5000
mentor:	prof. dr. Boris Kompare	datum:	oktober 2010
somentor:	asist. dr. Matelj Uršič	št. priloge:	C1



## VARIANTNA REŠITEV 2 - LIST 2

S  
①



DIPLOMSKA NALOGA

UNIVERZA V LUBLJANI  
Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo, FGg  
Jamova c. 2  
1000 Ljubljana, Slovenija

UNIV. ŠTUDIJ VODARSTVA IN KOMUNIKALNEGA INŽENIRSTVA

naslov naloge: IDEJNE REŠITVE ODVODNE OPRAVILNE VODA ZA MASELJA OD GOLNIKA DO MLAKE PRI KRAVJU

naslov risbe: **VARIANTNA REŠITEV 2 - LIST 2**

avtor: Rot Ansec

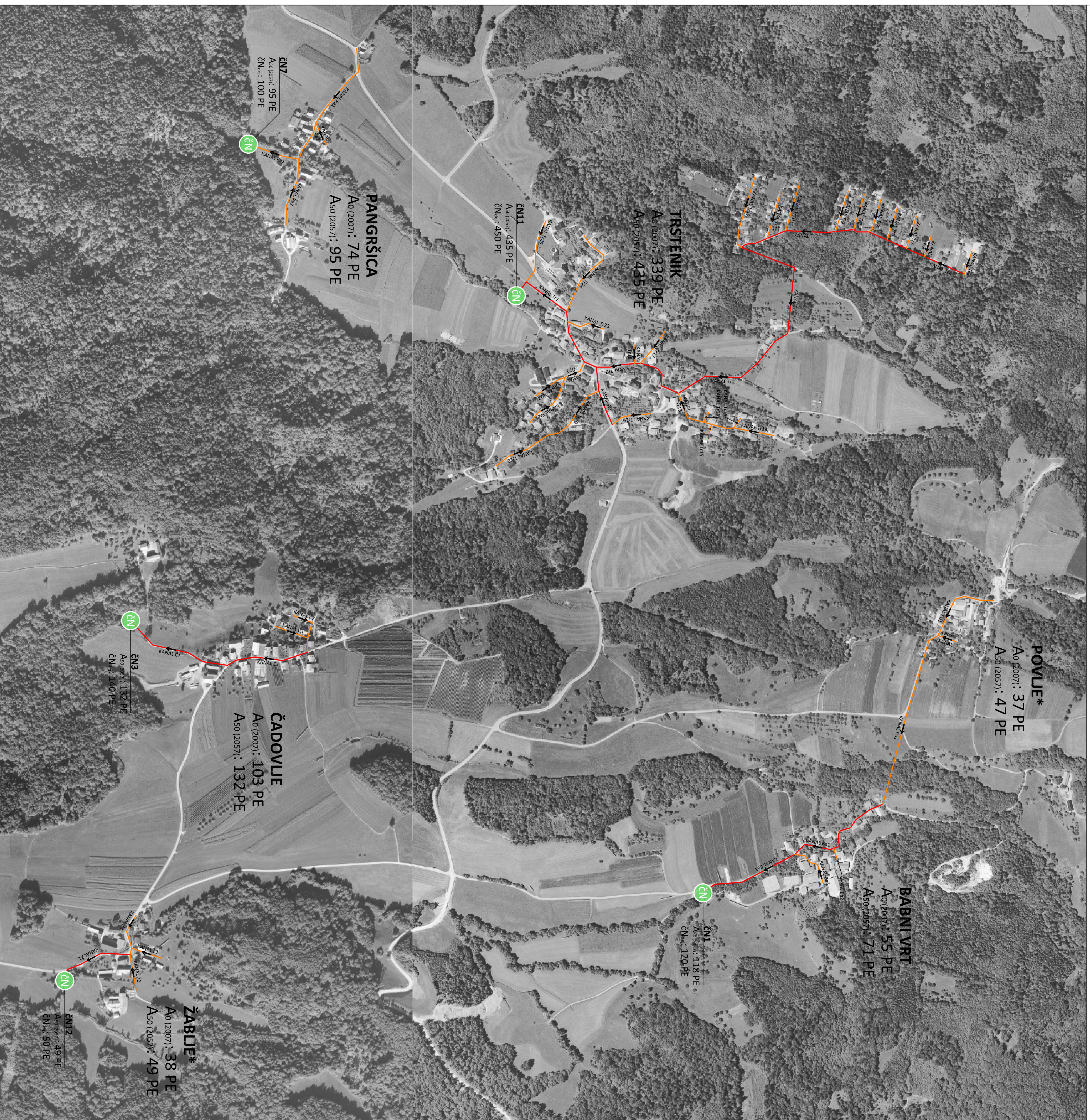
merilo: 1:5000

mentor: prof. dr. Boris Kompare

datum: oktober 2010

somentor: asist. dr. Matej Uršič

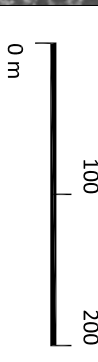
št. priloge: CZ



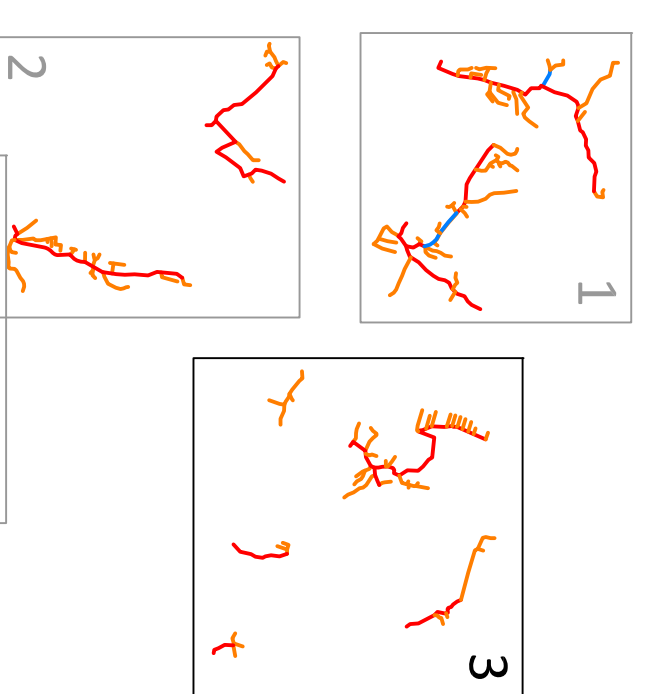
### VARIANTNA REŠITEV 2 - LIST 3



- legenda:
- primarni kanal - novo
  - sekundarni kanal - novo
  - čistilna naprava - novo



\* MASELIA Z MANU KOT SO PREBIVALCI (50 P9)



DIPLOMSKA NALOGA

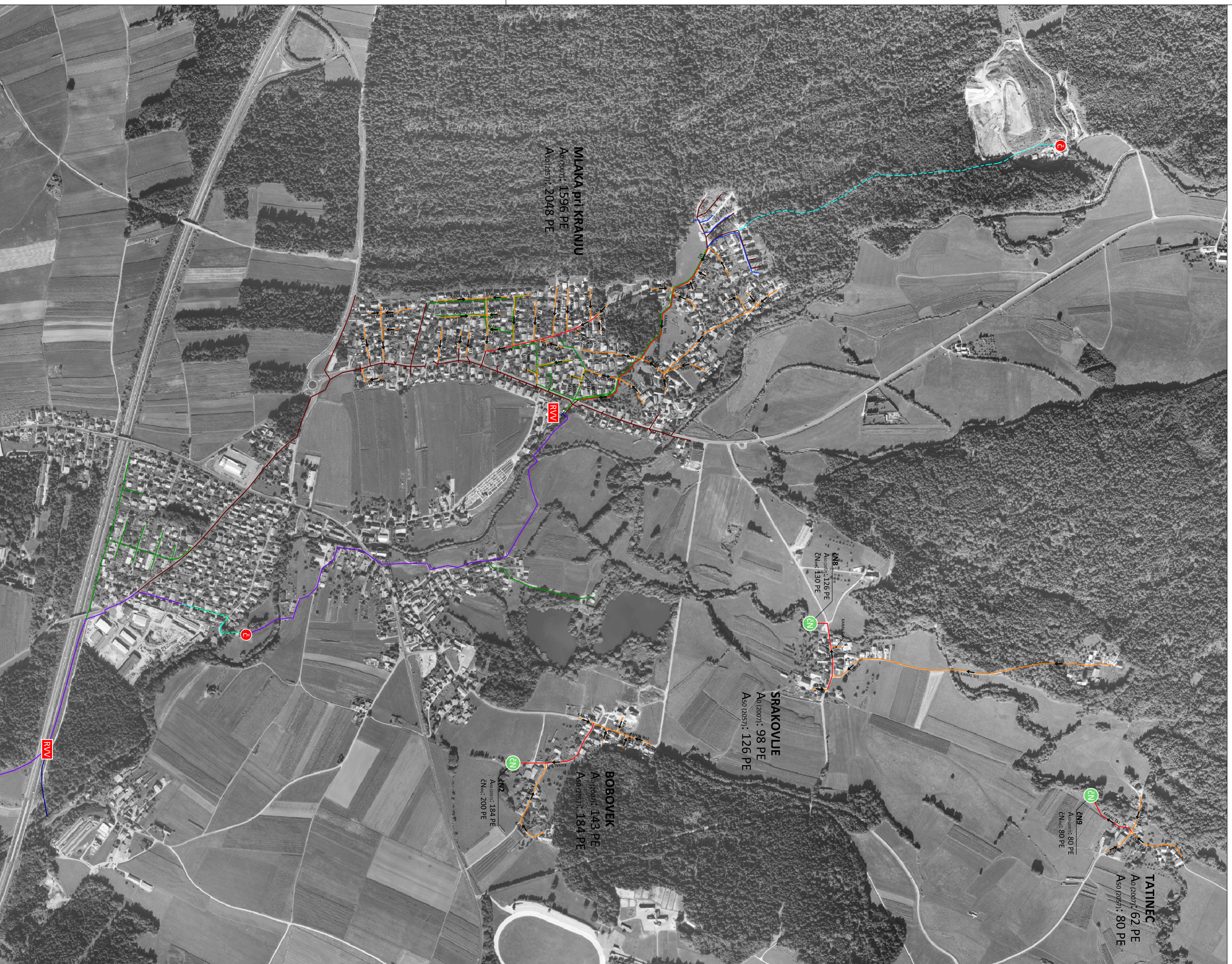
UNIVERZA V LJUBLJANI  
 Fakulteta za gradbeništvo in geodetijo, 1566  
 1000 Ljubljana, Slovenija

UNIV. ŠTUDIJ VODARSTVA IN KOMUNALNEGA INŽENIRSTVA

naslov naloge: IDEJNE REŠITVE ODVODNE GORPADNIH VODA ZA NASELJA OD GOLNIKA DO VALČARJE PRI KRANJU

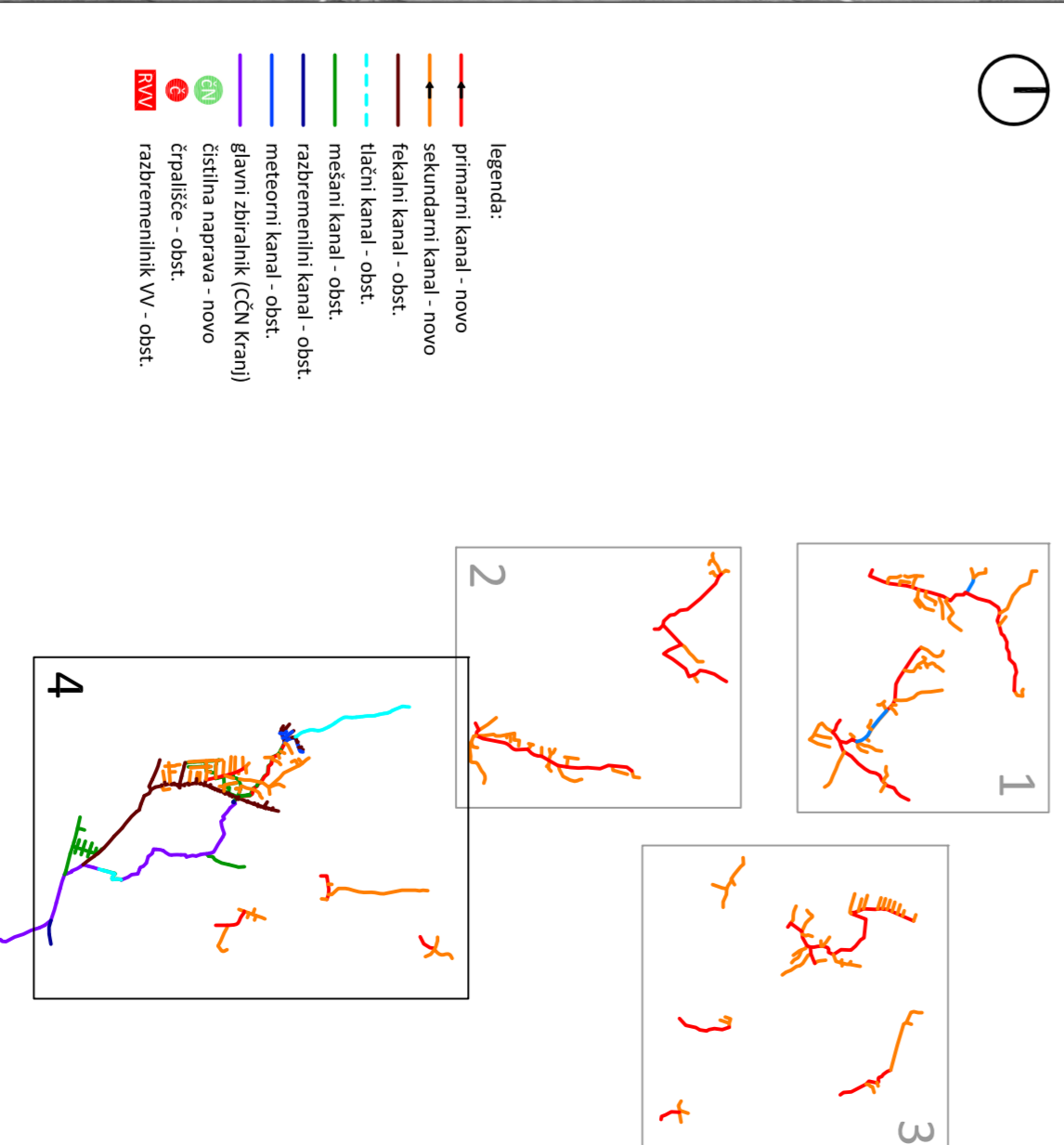
naslov ribes: **VARIANTNA REŠITEV 2 - LIST 3**

avtor:	Rok Anšec	merilo:	1:5000
mentor:	prof. dr. Boris Kompare	datum:	oktober 2010
somentor:	asist. dr. Matej Uršič	št. priloge:	C3

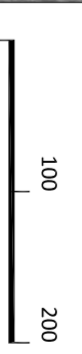


**VARIANTNA REŠITEV 2 - LIST 4**

**S**



- legenda:
- primarni kanal - novo
  - sekundarni kanal - novo
  - obstojni kanal - novo
  - distrib. kanal - obst.
  - mešani kanal - obst.
  - razloveni kanal - obst.
  - mešani kanal - obst.
  - mešani kanal - novo
  - glavni žbirnik (CGN Kranj)
  - ostala naprava - novo
  - gradnja - obst.
  - razširitev - obst.



DIREKCIJA MLAGOCA

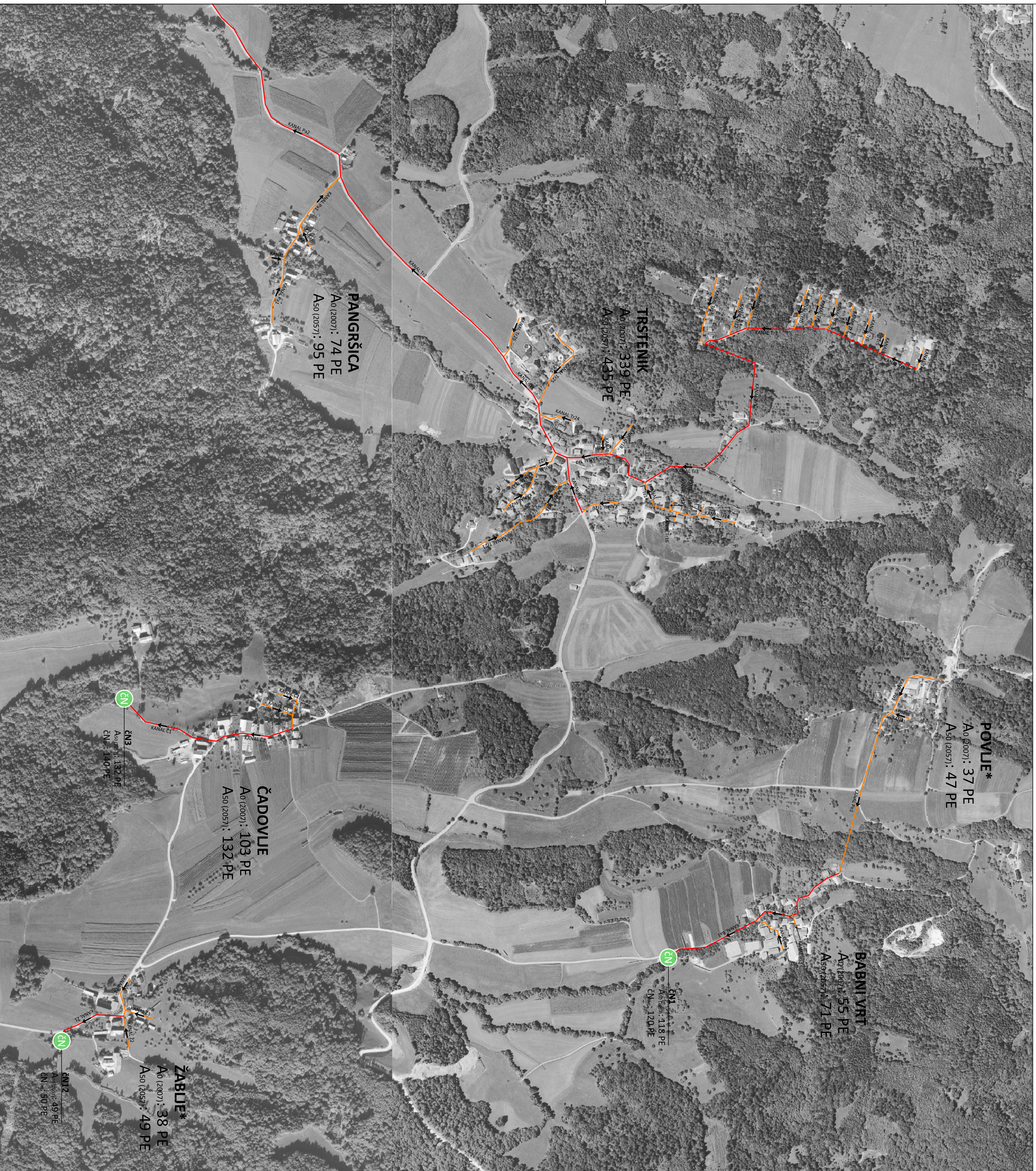
UNIVERZA V LJUBLJANI  
 Fakulteta za gradbeništvo in prometno inženjirstvo  
 Jamova c. 2  
 1000 Ljubljana, Slovenija

UNIV. ŠTUDIJSKI VODINSTVA IN KOMUNALNEGA INŽENJIRSTVA

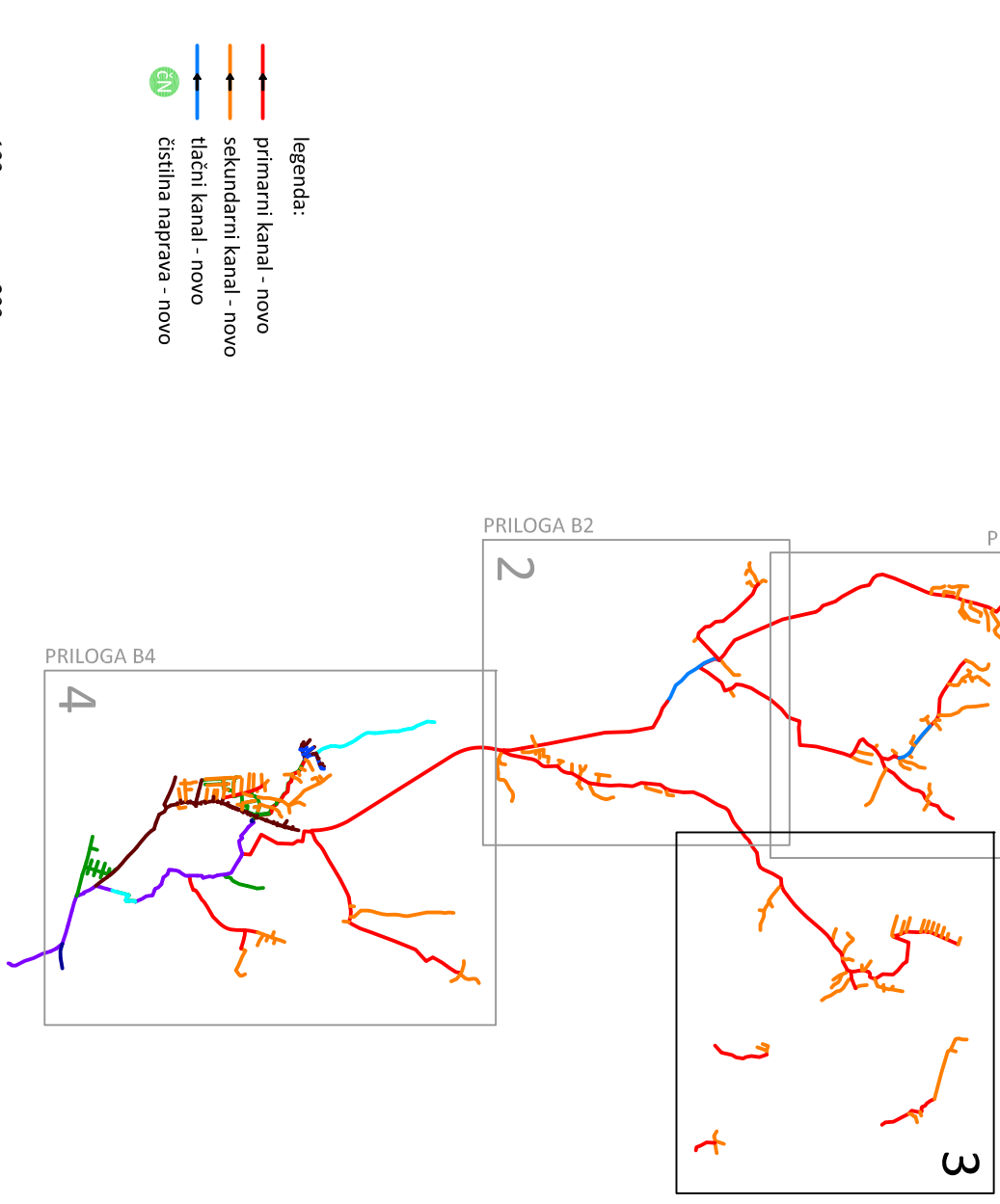
naslov naloge: IDEJNE REŠITVE ODVOGONNE OPRAVILNI VODA ZA VASELJA OD GORNJAKA DO MLAKE PRI KRANJU

naslov risbe: **VARIANTNA REŠITEV 2 - LIST 4**

avtor:	Rob Avčec	merilo:	1:5000
mentor:	prof. dr. Boris Kompare	datum:	oktober 2010
soavtor:	asist. dr. Matjaž Uršič	št. priloge:	14



### VARIANTNA REŠITEV 3 - LIST 3



0 m 100 200

\* NASELJA Z MANJ KOT 50 PREBIVALCI (50 PE)

DIPLOMSKA MALOGA

UNIVERZA V LJUBLJANI  
 Fakulteta za gradbeništvo in geodetiko 1566  
 1000 Ljubljana, Slovenija

UNIV. STUDIJ VODARSTVA IN KOMUNALNEGA INŽENIRSTVA

naslov naloge: IDEJNE REŠITVE ODVOJNE ODPADNIH VODA ZA NASELJA OD GOLNIKUA DO MLAKE PRI KRANJU

naslov risbe: **VARIANTNA REŠITEV 3 - LIST 3**

avtor: Rod Avsec

mentor: prof. dr. Boris Kompare

datum: oktober 2010

št. priloge: 0

šomertor: asist. dr. Marije Uršič

D