Obnova sustava odvodnje grada Sinja

Malbaša, Zvonimir

Master's thesis / Diplomski rad

2015

Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj:
University of Split, Faculty of Civil Engineering, Architecture and Geodesy / Sveučilište u Splitu, Fakultet građevinarstva, arhitekture i geodezije

Permanent link / Trajna poveznica: https://urn.nsk.hr/urn:nbn:hr:123:117624

Rights / Prava: In copyright / Zaštićeno autorskim pravom.

Download date / Datum preuzimanja: **2024-03-28**



Repository / Repozitorij:

FCEAG Repository - Repository of the Faculty of Civil Engineering, Architecture and Geodesy, University of Split

zir.nsk.hr

UNIVERSITY OF SPLIT

dabar
DIGITALNI AKADEMSKI ARHIVI I REPOZITORIJI

SVEUČILIŠTE U SPLITU
FAKULTET GRAĐEVINARSTVA, ARHITEKTURE I GEODEZIJE

DIPLOMSKI RAD

Zvonimir Malbaša

Split, 2015.

SVEUČILIŠTE U SPLITU
FAKULTET GRAĐEVINARSTVA, ARHITEKTURE I GEODEZIJE

Zvonimir Malbaša

Obnova sustava odvodnje grada Sinja

Diplomski rad

Split, 2015.

Zahvaljujem mentoru prof. dr. sc. Juri Margeti na pomoći pri pisanju ovoga rada.

Hvala kolegama i prijateljima koji su mi studijski put učinili lakšim i ljepšim.

Posebno hvala mojoj obitelji na velikoj podršci tijekom studiranja.

SVEUČILIŠTE U SPLITU

FAKULTET GRAĐEVINARSTVA, ARHITEKTURE I GEODEZIJE

Split, Matice hrvatske 15

STUDIJ:	**DIPLOMSKI SVEUČILIŠNI STUDIJ GRAĐEVINARSTVA**
KANDIDAT:	**Zvonimir Malbaša**
BROJ INDEKSA:	**479**
KATEDRA**:**	**Katedra za gospodarenje vodama i zaštitu voda**
PREDMET:	**Vodoopskrba i kanalizacija**

ZADATAK ZA DIPLOMSKI RAD

Tema: **Obnova sustava odvodnje grada Sinja**

Opis zadatka:

Kandidat ima zadatak da na temelju dostupnih informacija definira mogući koncept obnove sustava odvodnje grada Sinja. Grad Sinj, kao i drugi gradovi u Hrvatskoj, mora imati cjeloviti sustav odvodnje i uređaj za pročišćavanje otpadnih voda. Sadašnji sustav je nepotpun i u lošem stanju, stoga se u sklopu projekta izgradnje novih dijelova sustava i nadogradnje uređaja, kojeg će sufinancirati EU, mora u cijelosti obnoviti i dovesti na visku razinu funkcionalnosti. Student će u okviru svog rada prezentirati osnovnu metodologiju analiziranja sustava te priložiti rezultate analize, odnosno opisati će karakteristike postojećeg i planiranog sustava odvodnje. Utvrditi će tradicionalne i suvremene metode koje se koriste za obnovu sustava odvodnje, te predložiti metodologiju izbora iste. Analizirati će mogućnost primjene dostupnih metoda za obnovu sustava odvodnje grada Sinja.

U zadatku treba dati i odgovarajuća tumačenja, slike, nacrte i sheme nužne za bolje razumijevanje problema i predloženog plana.

U Splitu 15.04. 2015.

Voditelj Završnog rada:

Prof.dr.sc. Jure Margeta

Predsjednik povjerenstva
za završne i diplomske ispite :
Prof. dr. sc. Ivica Boko

Obnova sustava odvodnje grada Sinja

Sažetak:

Sustav odvodnje grada Sinja je nepotpun i u lošem stanju, te zahtjeva obnovu i izgradnju prema direktivama EU-a. U ovom radu, opisne su osnovne karakteristike područja grada Sinja kao i postojeći gradski sustav odvodnje, te se dotaklo obveza i mogućnosti financiranja EU-a. Opisano je što je sve i kako potrebno analizirati prije odabira metode obnove, te je pružen uvid u rezultate analize i detaljnije su sagledani problemi u sustavu. Pružen je uvid u tehnološke postupke obnove podzemnih cjevovoda koji se koriste u svijetu, opisane su pojedine metode, te je istraženo koje su od njih dostupne u Hrvatskoj. Definirani su i opći kriteriji koje je potrebno analizirati pri odabiru metode obnove. Konačno, analizirana je primjena dostupnih metoda obnove za obnovu sustava odvodnje grada Sinja.

Ključne riječi:

Obnova sustav odvodnje; tradicionalna metoda; bezrovovska tehnologija; Metode zamjene cjevovoda; Metode sanacije cjevovoda

Rehabilitation of sewerage system in the town of Sinj

Abstract:

Sewerage system in the town of Sinj is incomplete and deteriorated, so it needs to be rehabilitated and constructed following the EU standards. This thesis describes the basic characteristics of the town of Sinj area, as well as the existing urban sewerage system. European commitments and funding are also being discussed. All the aspects of the system that need to undergo the rehabilitation were analyzed prior to choosing the best method of rehabilitation. The insight into the analysis is provided as well as further review of the existing problems of the system. Furthermore, the insight into the technologies for sewer rehabilitation used in the world is provided, various methods are described in detailed manner, and their availability in Croatia is examined. All the criteria necessary to consider before selecting rehabilitation method are also being examined. Finally, among the available methods, the most suitable ones, for rehabilitation of sewerage system in the town of Sinj, are given.

Keywords:

Sewerage system rehabilitation; Traditional open-cut method; Trenchless technology; Pipe replacement methods; Pipe renovation methods

S a d r ž a j

1. UVOD 4
2. OSNOVNE KARAKTERISTIKE PODRUČJA GRADA SINJA 6
2.1. Položaj, značaj i posebnosti 6
2.2. Osnovne informacije i reljef 7
2.3. Geološke, morfološke i hidromorfološke karakteristike 9
2.4. Klimatska obilježja 9
2.5. Stanovništvo i društveno ekonomska situacija 10
2.6. Prostorni plan i objekti infrastrukture 12
2.6.1. Industrijske zone 12
2.6.2. Stanovanje 12
2.6.3. Prometnice i drugi važni objekti 12
2.6.4. Vodoopskrba i odvodnja 13
3. ODVODNJA GRADA SINJA 14
3.1. Opis postojećeg sustava 14
3.2. Uređaj za pročišćavanja otpadnih voda grada Sinja 15
4. DIREKTIVE EUROPSKE UNIJE I FINANCIRANJE IZ STRUKTURNIH FONDOVA 17
4.1. Direktive Europske unije 17
4.2. Financiranje iz strukturnih fondova Europske unije 18
5. OPĆENITI POSTUPAK PROCJENE POSTOJEĆEG STANJA SUSTAVA ODVODNJE 20
5.1. Fizički pregled 20
5.2. Čišćenje cjevovoda 21
5.3. Unutrašnji pregled cjevovoda 21
6. ANALIZA POSTOJEĆEG STANJA SUSTAVA ODVODNJE GRADA SINJA 23
6.1.1. Kriterij za ocjenu postojećeg stanja 23
6.1.2. Hidraulički kapaciteti 24

6.1.3. Stari oborinski kanali sa spojevima fekalne odvodnje okolnih kuća 25
6.1.4. Područja koja nisu spojena na jedinstven sustav odvodnje i UPOV 26
6.1.5. Karakteristike sustava s obzirom na starost i materijale izvedbe 28
6.1.6. Ostali nedostatci sustava odvodnje grada Sinja 30
6.1.7. Unutrašnji pregled cjevovoda odvodnje grada Sinja 30
7. TRADICIONALNA METODA OBNOVE 33
8. BEZROVOVSKE METODE OBNOVE 37
8.1. Bezrovovske metode zamjene cjevovoda 37
8.1.1. Generalno o *pipe bursting* metodi 38
8.1.2. Pneumatski pipe bursting 40
8.1.3. *Pipe bursting* statičkim povlačenjem 41
8.1.4. Pipe bursting hidrauličkom ekspanzijom 42
8.1.5. Pipe implosion 42
8.1.6. Pipe eating 43
8.1.7. Pipe reaming 43
8.2. Bezrovovske metode sanacije cjevovoda 44
8.2.1. Slip lining 44
8.2.2. Close-fit lining 47
8.2.3. Spiral wound plastic liners 52
8.2.4. Metode sanacije određenih dijelova cjevovoda 53
9. BEZROVOVSKA TEHNOLOGIJA U HRVATSKOJ 55
10. KRITERIJI KOJE JE POTREBNO RAZMOTRITI PRI ODABIRU METODE OBNOVE 56
10.1. Kriteriji vezani za projektiranje i izvođenje 56
10.1.1. Postojeće stanje sustava 57
10.1.2. Postojeće cijevi 57
10.1.1. Broj priključaka 58
10.1.2. Geotehnička istraživanja 58
10.1.3. Dostupnost metoda obnove 58
10.1.4. Stanje tla i površine 58
10.1.5. Podzemna voda 59
10.1.6. Pristup 60
10.1.7. Stanje prometne i ostale podzemne infrastrukture 60

10.1.8. Ostali kriterij 60
10.2. Ekonomski i ekološki kriteriji 61
10.2.1. Kategorizacija troškova 61
10.2.2. Direktni i indirektni troškovi 62
10.2.3. Društveni troškovi 63
10.2.1. Podaci o troškovima metoda obnove u Republici Hrvatskoj 63
11. ANALIZA PRIMJENE DOSTUPNIH METODA OBNOVE ZA OBNOVU SUSTAVA ODVODNJE GRADA SINJA 65
11.1. Selekcija metoda obnove 65
11.1.1. Definiranje problema vezanih uz odvodnju u gradu Sinju 66
11.1.2. Problemi u sustavu odvodnje 67
11.1.3. Uzroci problema u sustavu 67
11.1.4. Zamjena ili sanacija 67
11.1.5. Prikladne metode obnove 68
11.2. Odabir na temelju definiranih kriterija 69
11.2.1. Kriteriji vezani za projektiranje i izvođenje 69
11.2.2. Ekonomski i ekološki kriteriji 71
12. ZAKLJUČAK 73
13. PRILOZI 74
Prilog 1. Karta grada Sinja 75
Prilog 2. Karta postojećeg mješovitog sustava odvodnje grada Sinja 76
Prilog 3. Dijagram tijeka odabiranja prikladnih metoda obnove sustava odvodnje 77
Prilog 4. Problematični dijelovi sustava odvodnje grada Sinja 78
Literatura 79

1. UVOD

U gotovo svakom gradu na svijetu postoje podzemni cjevovodi koji su premašili projektirani vijek trajanja i nisu više funkcionalni. Takvo stanje cjevovoda za sobom nosi moguće posljedice kao što je rizik od urušavanja, problemi s infiltracijom vode iz podzemlja i eksfiltracijom zagađene vode u podzemlje, što nadalje uzrokuje niz ostalih problema u sustavu. Takve cjevovode, potrebno je što prije obnoviti (sanirati ili zamijeniti) kako bi sustav mogao nesmetano funkcionirati. Grad Sinj se isto tako, sa svojim postojećim sustavom odvodnje, suočava s navedenim problemima. Ulaskom Hrvatske u EU otvorena su vrata za poduzimanje tih koraka kao i za proširenje i podizanje cjelokupnog sustav odvodnje grada Sinja na višu razinu.

Općenito u svijetu, tehnologija stalno napreduje, otkrivaju se novi materijali i principi rada. Tehnologija koja se primjenjuje pri obnovi podzemnih cjevovoda, u novije vrijeme također bilježi značajan napredak. Međutim, u Republici Hrvatskoj većina komunalnih poduzeća još uvijek preferira tradicionalne načine obnove kanalizacijskih cjevovoda, primjenjujući potpunu zamjenu staroga cjevovoda metodom „iskopaj i zamjeni“. Primjena navedenog načina obnavljanja kanalizacijskih cjevovoda uzrokuje poremećaj u lokalnom prostoru i korištenju tog prostora. Zbog toga su takvi zahvati u urbanim sredinama nepoželjni i uzrokuju negodovanje javnosti. Dodatno pogoršava stvar, što se najstarija i najtrošnija infrastruktura obično nalazi unutar najvrjednijih i najgušće naseljenih urbanih područja. Cijena kopanja radi zamjene tih cijevi može biti ekstremno visoka, smetnje izazvane u prostoru teško se mogu tolerirati, a radovi su prilično dugotrajni. Upravo su to glavni razlozi razvitka bezrovovske tehnologije, koja u svijetu u novije vrijeme sve više zamjenjuje tradicionalni način obnove cjevovoda.

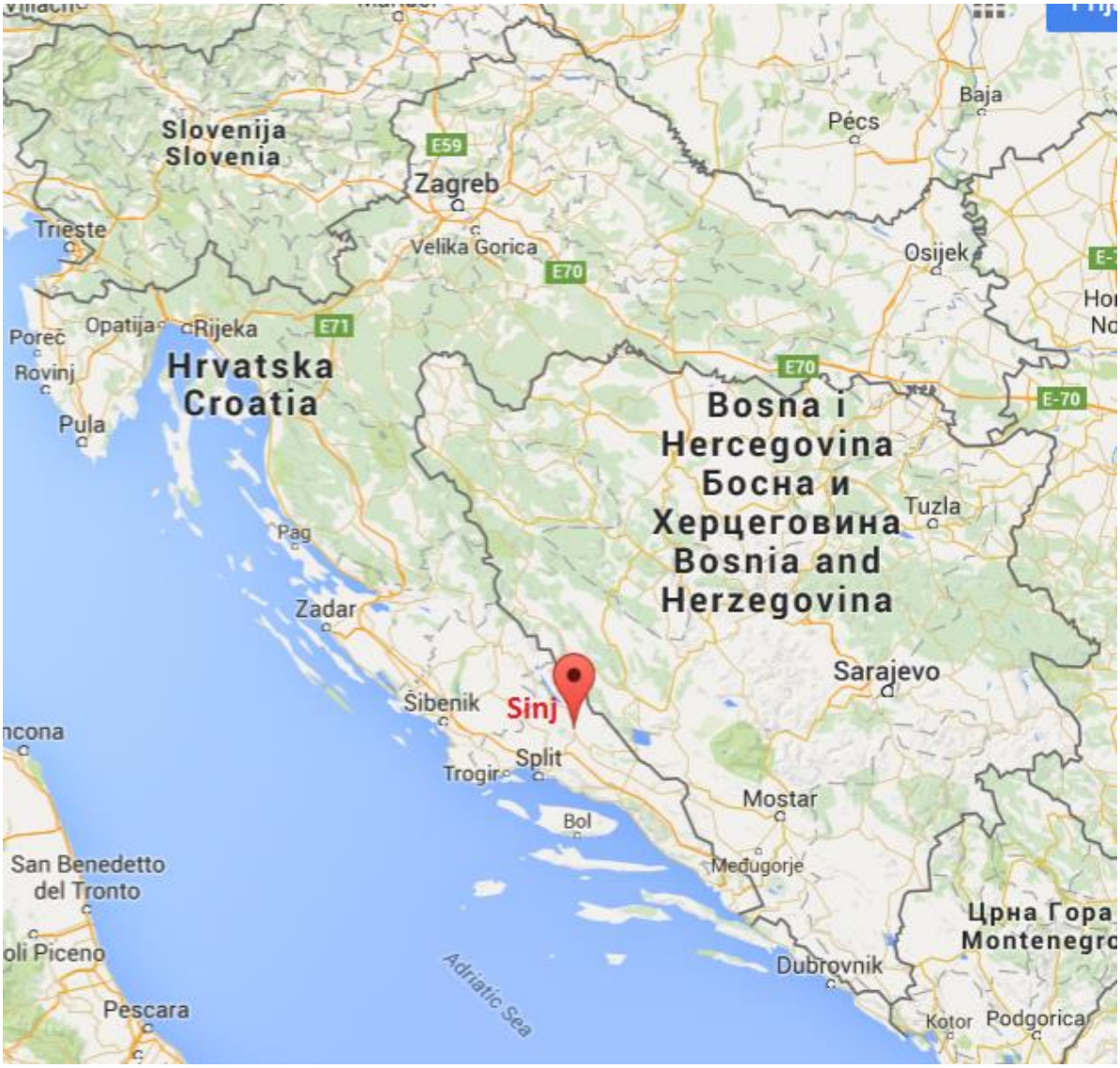
Sustav odvodnje grada Sinja se svojim velikim dijelom nalazi u području samog centra grada. To je urbano i prometno opterećeno područje u kojem se nalazi velik broj javnih i poslovnih objekata, trgovina, uslužnih djelatnosti, a sadrži i niz povijesnih vrijednosti i znamenitosti. Primjena tradicionalnog načina obnove „kopanjem i zamjenom“ u tom području mogla bi izazvati velike smetnje za promet i stanovnike, gubitke u poslovanju, štete na povijesnim znamenitostima itd. Zbog toga je potrebno razmotriti sve moguće načine obnove, analizirati ih, te predložiti najprikladnije načine koji će zadovoljiti tražene kriterije s konstruktivnog (projektiranje i izvođenje), ekonomskog, ekološkog i šireg društvenog aspekta.

U ovom radu opisati će se osnovne karakteristike područja grada Sinja i postojeći gradski sustav odvodnje, te će se dotaknuti europskih obveza i financiranja. Zatim će se opisati što je sve i na koji način potrebno analizirati prije odabira metode obnove, te će se dati uvid u provedenu analizu i detaljnije sagledati problemi u sustavu. Nadalje, pružit će se uvid u tehnološke postupke obnove podzemnih cjevovoda koji se koriste u svijetu, opisati će se pojedine metode, te će se istražiti koje su od tih metoda dostupne u Hrvatskoj. Definirat će se i kriteriji koje je potrebno sagledati pri odabiru metode obnove. Konačno, analizirati će se primjena dostupnih metoda obnove, na temelju definiranih kriterija, na obnovu sustav odvodnje grada Sinja.

2. OSNOVNE KARAKTERISTIKE PODRUČJA GRADA SINJA

2.1. Položaj, značaj i posebnosti

Grad Sinj nalazi se u Dalmatinskoj zagori. Smješten je između Svilaje i Dinare sa sjevera i Kamešnice na sjeveroistoku uz sjeverozapadni rub sinjskog polja, koje se prostire uz srednji tok rijeke Cetine. Nalazi se na oko 330 m nadmorske visine i udaljen je dvadesetak kilometara zračne linije od mora, koje uz planine na sjeveru najviše utječe na klimu područja (slika 1.). Središte je Cetinske krajine. Administrativno pripada Splitsko-dalmatinskoj županiji u kojoj zauzima značajno mjesto po svom položaju, koncentraciji stanovništva, gospodarskim djelatnostima i prirodnim vrijednostima. [1]



Slika 1. Položaj Grada Sinja na karti Republike Hrvatske [2]

Prostor grada Sinja predstavlja kontaktno područje metropolitanskog prostora Splita, te u globalu pripada njegovoj regionalnoj gravitaciji. Položen je na važnoj transverzalnoj okosnici razvoja koja spaja unutrašnjost s morem (Split - Sinj - unutrašnjost Republike Hrvatske), što uvjetuje otvorenost i povezanost područja.

Položaj grada s velikim gravitacijskim područjem daje mu i stvarni značaj centra koji razvija dnevne i povremene funkcije za šire područje. Ispostave županijskih tijela uprave i samouprave potvrđuju značaj grada Sinja.

Grad Sinj predstavlja regionalno (srednje razvojno) središte u kojem su koncentrirane upravno-administrativne, prosvjetno-kulturne i gospodarske funkcije. Glavni gospodarski potencijali ovog područja, koncentrirani su uz gornji tok rijeke Cetine. Poljoprivredna proizvodnja je orijentirana na prostoru Sinjskog, Hrvatačkog i Dicmanjskog polja. Obronci Dinare i Kamešnice pružaju osnovu za razvitak lovstva kao gospodarske grane u funkciji turizma, a obale Cetine za sportski ribolov.

Prostor grada Sinja zahvaljujući svom geografskom položaju na plodnom i strateški značajnom području srednjeg toka rijeke Cetine ističe se neprekinutim kontinuitetom življenja od prapovijesti i antike do danas. Bogat je kulturno-povijesnim nasljeđem nastalim u različitim vremenskim periodima i pod različitim kulturnim utjecajima.

Prostor grada Sinja svojim prirodnim raznolikostima, bogatom krajobraznom osnovom, vodnim resursima te istaknutim vrijednostima graditeljske baštine, zasigurno se može se svrstati u vrijedan prostor Republike Hrvatske.

Karta grada Sinja nalazi se u **prilogu 1.**

2.2. Osnovne informacije i reljef

Grad Sinja zauzima površinu od 194,27 km^2, što čini 4,3% kopnene površine Splitsko dalmatinske županije. [1] Čini ga četrnaest naselja: Bajagić, Brnaze, Čitluk, Glavice, Gljev, Jasensko, Karakašica, Lučane, Obrovac, Radošić, Sinj, Suhač, Turjaci i Zelovo. Granicu područja, koju obuhvaća prostorni plan, formiraju grad Sinj uz navedena naselja, uz priključenje radne zone Kukuzovac.

Centar grada nalazi se ispod brežuljka Stari Grad, između vodotoka Gorućica i vodotoka Pavijak (slika 2.). Prigradska naselja tijesno su srasla uz sam grad te bi, izuzev administrativne podjele na grad i selo, bilo teško zaključiti gdje točno prestaje grad, a počinje selo.

U topografskom pogledu čitavo područje može se podijeliti u dvije zone (slika 3.). Niska zona bez izrazitih visinskih razlika proteže se uz cestu Split – Sinj, te dijelom uz cestu Split – Livno (preko Obrovca Sinjskog). U ovu zonu može se uključiti i blago nagnuta dolina uz vodotok Gorućicu. Visoka zona naselja koja je reljefno jače izražena, proteže se uz cestu Sinj – Knin, te Sinj – Muć. [1]



Slika 2. Centar grada, ispod brežuljka Stari Grad [13]



Slika 3. Topografska karta područja grada Sinja [2]

2.3. Geološke, morfološke i hidromorfološke karakteristike

U geološkom sastavu područja dominiraju vapnenačke i dolomitne geološke formacije. Uz vodotoke i na većim ravničarskim poljima javljaju se neogene tvorevine. Planinski masivi i brda se protežu isključivo u smjeru jugoistok-sjeveroistok, pa je logično da se i krška polja protežu u istom smjeru.

Krška polja leže uglavnom na vapnencima a nastala su u doba glaciala. Jezera koja su se tada formirala na tim područjima su nestala zbog karstifikacije terena. Današnje terase krških polja tvore neogene tvorevine koje su prekrivene relativno tankom naslagom pedosfere. [1]

Općenito, preko 90% direktnog sliva rijeke Cetine, izgrađeno je od vapnenačkog materijala tako da slivno područje a samim time i područje grada Sinja spada u izrazito krško područje, s dubokim kršom koji je dijelom pošumljen, a dijelom otkriven.

Obzirom da je cijelo promatrano područje izgrađeno najvećim dijelom od vapnenačkog materijala i predstavlja izrazito krško područje, na njemu vladaju tipične hidromorfološke prilike sa razvijenim karakterističnim fenomenima krša, brojni izvori, škrape, ponikve, krška polja i ponori.

2.4. Klimatska obilježja

Grad Sinj ima kontinentalnu klimu. Zime su oštre i hladne, posebno jutra, kada se temperatura zna spustiti ispod -10 stupnjeva. Ljeta su vruća sa temperaturama i do +40°C, dijelom i zbog toga što se grad nalazi u kotlini. Iz istog razloga je Sinj zimi jedan od hladnijih, a ljeti jedan od vrućih gradova. [1]

Tablica 1. Srednje maksimalne (tx) i srednje minimalne (tn) temperature zraka, te srednja kolebanja (tx - tn) ekstremnih vrijednosti [1]

Sinj	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	God.
Tx	7,9	9,2	12,5	16,8	21,8	25,6	28,7	29,3	24,8	19,4	13,5	9,8	18,3
tn	-0,2	-0,3	1,9	5,7	9,3	12,1	15,4	13,4	10,8	7,0	3,9	1,7	6,6
tx-tn	8,1	9,5	10,6	11,1	12,5	13,5	14,3	15,9	14,0	12,4	9,6	8,1	11,7

Najviša srednja vrijednost maksimalne temperature izmjerena je u kolovozu (29,3°C), a najniža u siječnju (-0,2°C), odnosno u veljači (-0,3°C).

Tablica 2. Apsolutne maksimalne (Tx) i apsolutne minimalne (Tn) temperature zraka, te apsolutna mjesečna i godišnja kolebanja (Tx-Tn) [1]

Sinj	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	God.
Tx	16,2	21,6	23,6	26,4	32,4	36,1	38,4	37,8	35,1	28,7	21,1	16,4	38,4
tn	-16,4	-24,2	-8,6	-3,7	-2,6	3,6	7,3	6,2	2,3	-3,6	-9,2	-10,5	-24,2
tx-tn	32,6	45,8	32,0	30,1	35,0	32,5	31,1	31,6	32,8	32,3	30,3	26,9	62,6

Najviša maksimalna temperatura zraka izmjerena je u mjesecu srpnju (38,4°C), dok je najniža vrijednost apsolutne minimalne temperature zraka od -24,2°C zabilježena u veljači. Apsolutno godišnje kolebanje ekstremnih apsolutnih temperatura zraka iznosi 62,6°C.

Što se tiče oborina, jesen i zima su najobilniji njima, dok je ljeto s najmanje oborina.

Tablica 3. Srednje mjesečne i godišnje količine oborina (H) i najveće dnevne količine (Hx) u mm [1]

Sinj	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	God.
H	105	90	64	81	97	94	56	48	108	127	154	179	1203
Hx	62	34	37	58	54	50	101	127	104	62	63	98	127

Vidljivo je da najveće količine oborina padnu u posljednja četiri mjeseca u godini, a najviše u prosincu. Maksimalna dnevna količina oborina izmjerena je u kolovozu (127 mm), a najmanja dnevna količina u veljači (34 mm).

2.5. Stanovništvo i društveno ekonomska situacija

Prema posljednjem popisu stanovništva koji je proveden 2011. godine, grad Sinj s užom okolicom ima 24 832 stanovnika, dok u samom gradu živi 11 448 stanovnika. Kretanje broja stanovnika grada Sinja s najvećim naseljima Brnaze i Glavice do 2011. godine, prikazano je u tablici 4.

Tablica 4. Kretanje broja stanovnika grada Sinja s najvećim naseljima Brnaze i Glavice do 2011. god. [3]

NASELJE	BROJ STANOVNIKA				
	1971.	1981.	1991.	2001.	2011.
Brnaze	2.536	3.126	3.097	3.223	3.184
Glavice	3.376	3.775	4.055	3.876	3.753
Sinj	4.707	8.672	11.378	11.468	11.488
UKUPNO	10.619	15.573	18.530	18.567	18.425

Područje samog naselja Sinj u promatranom periodu bilježi stalni rast i u 2011. godini dostiže najveći broj stanovnika. Područje Brnaza u 2001. godini dostiže najveći broj stanovnika u promatranom periodu, dok je 2011. godine zabilježen blagi pad u odnosu na 2001. godinu. Područje naselja Glavice u 1991. godini dostiže najveći broj stanovnika u promatranom periodu, dok je u narednim godinama zabilježen pad u odnosu na 1991. godinu.

Ukupno gledajući u promatranom periodu, do 2001. godine događa se stalni rast broja stanovnika, naročito naselja Sinj, odnosno uže jezgre samog grada Sinja, dok je u zadnjem desetljeću zabilježen blagi pad ukupnog broja stanovnika.

Prema popisu iz 2011. godine, tek nešto manje od 10 000 stanovnika je radno aktivno, dok je preko 6000 umirovljenika. Iz takvog odnosa lako je zaključiti da je stanovništvo u gradu Sinju ostarjelog tipa, te ima puno radno neaktivnog i nezaposlenog stanovništva.

Stanje iz 31. siječnja 2013. godine kaže nam da je Grad Sinj na trećem mjestu u Hrvatskoj u udjelu nezaposlenih u radno aktivnom stanovništvu.

Tablica 5. Stanovništvo staro 15 i više godina prema trenutačnoj aktivnosti [3]

	Ukupno stanovništvo (15 god. i više)	**Zaposleni**	**Nezaposleni**	**Ekonomski neaktivni**		
				Umirovljenici	Ostali	Ukupno
Broj	20368	7142	2503	6131	4592	10723
Postotak	100	35	12	30	23	53

Aktivno je stanovništvo, pored obavljanja tercijarnih djelatnosti, zaposleno u industriji i poljoprivredi.

Sve do Domovinskog rata, industrija u Sinju nosila je veliku većinu gospodarstva, te je uz poljoprivredu zasigurno bila najvažnija djelatnost. Međutim, raspadom bivše države dolazi do značajnih problema što rezultira propadanjem većine industrijskih pogona (Ciglana Sinj, IGRO Sinj, rudnik Ruduša, Dalmatinka).

Danas, Gospodarska zona Kukuzovac ima potencijal da bude važan gospodarski čimbenik grada Sinja.

2.6. Prostorni plan i objekti infrastrukture

2.6.1. Industrijske zone

U planu namjene površina, (izvod iz prijedloga GUP-a grada Sinja), pretežito industrijske zone nalaze se istočno od samog centra grada Sinja, te na jugozapadnom dijelu područja. U istočnoj zoni već se nalazi bivša predionica i tvornica "Dalmatinka". U istoj zoni nalazi se i postojeći pogon bivšeg "Diokoma" za proizvodnju konfekcije. Pored ovih industrijskih pogona u ovoj zoni locirani su i servisni objekti kao i skladišta. Planom je predviđena i mogućnost proširenja postojećih pogona uz eventualnu izgradnju novih objekata sličnog sadržaja. U jugozapadnoj zoni nalazi se "Ciglana". U ovoj zoni predviđena je mogućnost proširenja postojećeg pogona kao i izgradnja sličnih pogona za proizvodnju građevinskog materijala. [1]

Ostali prostori obuhvaćeni prostornim planom namijenjeni su stanovanju u širem smislu, odnosno stanovanju i svim pratećim uslužnim djelatnostima: zdravstva, trgovine, ugostiteljstva, zanatstva i školstva.

2.6.2. Stanovanje

Na području općine Sinj prema posljednjim raspoloživim podacima (GUP) ima 7783 stanova, od kojih je nastanjeno 6841 stana. Uspoređujući podatke sa 1991. godinom bilježimo povećanje stambenog fonda od 13%. Odnos stanova i stanovnika je u omjeru 3 stanovnika na jedan stan. [1]

Također, važno je napomenuti da znatno učešće stanovništva užeg gradskog područja u ukupnom stanovništvu karakterizira preveliku koncentraciju stanovništva na relativno uskom području te ukazuje na potrebu usmjeravanja naseljavanja i izgradnje na prigradsko područje.

2.6.3. Prometnice i drugi važni objekti

Današnje stanje cestovne mreže na području grada Sinja je nezadovoljavajuće. Poseban problem predstavlja dionica državne prometnice kroz središnje Sinja čiji nepovoljan položaj i elementi dovode u pitanje sigurnost odvijanja prometa i lokalnog stanovništva. Državna cesta razdvaja uže područje grada na dva dijela te je već postala kritičnom dionicom i to kako za normalno odvijanje prometa na dionici državne ceste, tako i za rješavanje lokalnog i gradskog prometa.

Županijska cesta iz pravca Muća prolazi također kroz središnji dio grada do Vrličke ulice te nastavlja ulicom Tadije Anušića u pravcu Glavica.

Državna i županijska cesta obnašaju istovremeno tranzitni i lokalni promet. Ostali izgrađeni cestovni pravci prekategorizirani su u županijske i lokalne cestovne pravce.

Ostali važni objekti u gradu su: bolnica Sinj, Alkarski dvori, samostan čudotvorne Gospe Sinjske, zgrada općine, zgrada suda, gradski bazen, gradski stadion, gradsko kino, alkarsko trkalište, tvrđava Kamičak, gradski park, itd.

2.6.4. Vodoopskrba i odvodnja

Za vodoopskrbu područja grada Sinja voda se crpi s vodocrpilišta Ruda i Kosinac. Prosječna starost mreže je 40 godina, a gubitci su veliki i iznose preko 50 %. Na području Sinja priključenost na vodoopskrbu iznosi 98%, a prosječna potrošnja po stanovniku iznosi 138 l/dan/po potrošaču.

Na postojeći sustav odvodnje otpadnih voda u gradu Sinju, prema podacima dobivenima od djelatnika „Vodovoda i odvodnje Cetinske krajine“, priključenost iznosi oko 56%, dok ostala naselja nemaju odvodnju. U daljnjem radu stanje odvodnje bit će detaljno opisano.

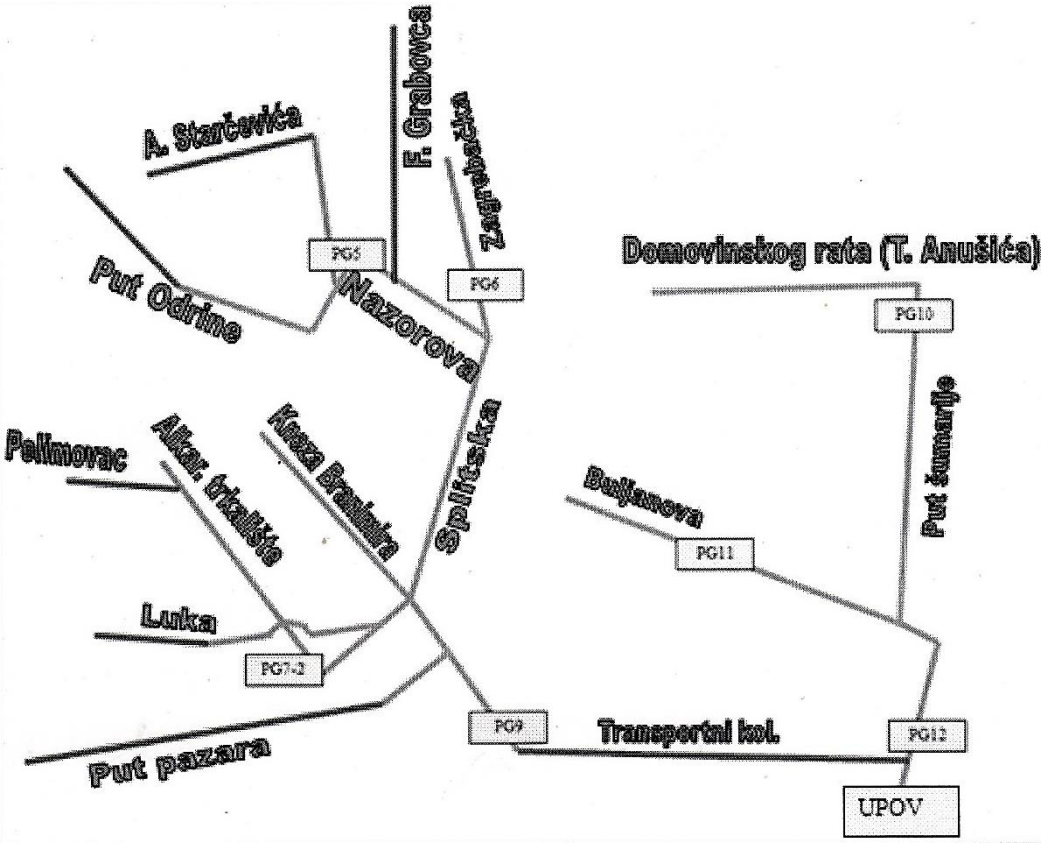
Cijena vodne usluge sastoji se od varijabilnog dijela, fiksnog dijela, raznih naknada i PDV-a. Varijabilni dio cijene vodne usluge za vodoopskrbu iznosi 3,85 kn/m^3, za odvodnju 0,39 kn/m^3, a za pročišćavanje 0,39 kn/m^3. Fiksni dio cijene vodne usluge za vodoopskrbu iznosi 12,98 kn po potrošaču, te za vodoopskrbu i odvodnju i pročišćavanje 18,56 kn po potrošaču. Na ovo treba dodati naknadu za korištenje voda, naknadu za zaštitu voda i PDV. Prema predviđanjima u skorije vrijeme se očekuje povećanje cijene vode.

3. ODVODNJA GRADA SINJA

3.1. Opis postojećeg sustava

Danas, na području Grada Sinja postoji djelomično izgrađena mreža odvodnje otpadnih voda, na koju priključenost iznosi oko 56%. Mreža obuhvaća grad Sinj, dok ostala naselja još uvijek nemaju izgrađenu mrežu odvodnje. Posljedica toga je postojanje velikog broja polupropusnih septičkih jama uglavnom uz stambene objekte, koje se ispuštaju direktno u podzemlje ili u neki od otvorenih kanala na tom području. Veći dio postojeće mreže izgrađen je kao mješoviti sustav (zajedničko prikupljanje i odvođenje otpadnih (sanitarnih i tehnoloških) i oborinskih voda), dok je manji dio mreže (novijeg datuma) izgrađen kao razdjelni sustav (odvojeno prikupljanje i odvođenje otpadnih (sanitarnih i tehnoloških) i oborinskih voda).

Sustav javne odvodnje grada Sinja ima oko 22 000 m kolektora (cijevi odvodnje) glavne i sekundarne mreže, rasteretne građevine s reguliranim koritima za odvodnju oborinskih i preljevnih voda u vodotok Gorućicu, te 12 000 m dug lateralni kanal u desnom zaobalju Sinjskoga polja koji vode s UPOV-a odvodi u rijeku Cetinu kod Trilja. [4]



Slika 4. Shematski prikaz sustava odvodnje grada Sinja, s imenima ulica ili kolektora, te kišnih preljeva [4]

Karta postojećeg mješovitog sustava odvodnje grada Sinja nalazi se u **prilogu 2.** Karta prikazuje samo postojeću mješovitu mrežu odvodnje, pa ne prikazuje u potpunosti kompletnu postojeću situaciju jer ne sadrži neke novije dijelove mreže, a neki dijelovi bi se trebali još dodatno ispitati i provjeriti. Nažalost, jedina je bila dostupna.

Glavnina gradskih otpadnih voda Sinja odvodi se sustavom mješovite odvodnje na crpnu stanicu ispred uređaja za pročišćavanje. Kao što je već spomenuto, postojeća mreža odvodnje užeg područja grada Sinja, izgrađena je dijelom kao mješovita a dijelom kao razdjelna. Gradnja mješovite mreže započeta je prije više od 50 godina. Sustav je izgrađen većinom od azbest-cementnih cijevi. Razdjelni sustav odvodnje novijeg je datuma i u dobrom je stanju, međutim isti se ulijeva u postojeće mješovite kanale koji se potom preko kišnih preljeva rasterećuju u potoke ili oborinske kanale.

Osnovna karakteristika sustava odvodnje grada Sinja u hidrauličkom pogledu je postojanje osam kišnih preljeva na sustavu, preko kojih se relativno čiste vode prelijevaju u obližnji recipijent (potok ili oborinski kanal), a relativno zagađene otpadne vode odvode prema uređaju za pročišćavanje. Na uređaj za pročišćavanje iz ovakvog mješovitog sustava s preljevnim građevinama dolazi protok veći od kapaciteta samog uređaja, pa se razlika tih dotoka preljeva preko preljeva na samom UPOV-u u potok Goručicu.

Gotovo se sve otpadne vode s izgrađenog područja grada Sinja dovode na UPOV. Izuzetak je područje bivše tvornice Dalmatinka, čiji se kolektor samostalno vodi prema potoku Goručici i u njega ispušta, što znači da se promatrani kolektor ne križa s ostalim kolektorima sustava odvodnje. Pored ovog kolektora iz Dalmatinke, kolektor „Vojarna" se također ne križa niti spaja s ostatkom mreže odvodnje, te sve svoje otpadne vode ispušta u lokalni potok. Također, važno je spomenuti da srednjoškolski kompleks u ulici D. Šimunovića, iako se nalazi na području na kojem postoji izgrađena mreža javne odvodnje, na istu nije spojen.

3.2. Uređaj za pročišćavanja otpadnih voda grada Sinja

Uređaj za pročišćavanje otpadnih voda (UPOV) grada Sinja, izgrađen je samo u prvoj fazi, dimenzioniran je za 15.000 ekvivalentnih stanovnika, na razini je mehaničkog pročišćavanja sustavom finih i grubih rešetki, te mastolova i pjeskolova. Znači, u funkciji je samo prethodno pročišćavanje. Predmetni uređaj je u pogonu od 2005. godine.

Prema raspoloživim podacima pred UPOV-om se nalazi retencijski bazen korisnog volumena od 200 m^3, koji zadržava manju količinu oborinskog dotoka, a ostala količina

mješovitog dotoka se preljeva preko preljeva na koti 300,90 m.n.m. UPOV koristi dvije pužne crpke, svaka kapaciteta od 105 1/s. [4]

Prema Hrvatskim i EU pravilnicima, grad Sinj u suštini nema uređaj za pročišćavanje otpadnih voda. Sav organski materijal (BPK_5), te nutrijenti i bakterije, ispuštaju se u okoliš. Na uređaju se izdvajaju samo krupne suspenzije, pijesak i masnoće. Isto tako, preljevne vode se ne pročišćavaju pa se može zaključiti, da se samo najuži dio otpadnih voda iz sušnog perioda odvodi s područja grada i ispuštaja u potok Gorućicu, odnosno dalje u rijeku Cetinu. Nema zaštite voda!



Slika 5. Uređaj za pročišćavanje otpadnih voda grada Sinja

4. DIREKTIVE EUROPSKE UNIJE I FINANCIRANJE IZ STRUKTURNIH FONDOVA

Na temelju prethodnog opisa, očigledno je da grad Sinj nema cjeloviti sustav odvodnje kao ni odgovarajuće pročišćavanje otpadnih voda, dok je postojeći sustav u lošem stanju. Rezultat toga je, da se značajne količine otpadnih voda ispuštaju u površinske i podzemne vode a samim tim ugrožavaju okoliš i vodu koja se koristi za piće (rijeka Cetina). Takvo stanje je neprihvatljivo.

4.1. Direktive Europske unije

Direktive, odnosno smjernice, su pravni akti Europske unije, kojima se usklađuju pravni poreci država članica. Dakle, direktive obvezuju države članice kojima su upućene, što se tiče ciljeva koje treba ostvariti, a nacionalnim vlastima ostavljaju slobodu izbora načina i sredstva koje će upotrijebiti kako bi se postigao zadani cilj.

Za Republiku Hrvatsku „*plan provedbe vodno-komunalnih direktiva*“ je pripremljen nakon provedenih tehničkih konzultacija koje su održane u razdoblju od veljače 2009. do travnja 2010. godine, a sadrži dogovorene aktivnosti i rokove vezane uz provedbu vodno-komunalnih direktiva i predstavlja temelj za pojašnjenje zahtjeva za prijelaznim razdobljem.

Republika Hrvatska je zatražila prijelazno razdoblje do **31. prosinca 2023.** godine (ukupno trajanje) za punu provedbu članaka 3., 4., 5., 6. i 7. **Direktive o pročišćavanju komunalnih otpadnih voda (91/271/EEZ).** Ovisno o veličini aglomeracije i osjetljivosti prijemnika, rok za izgradnju/proširenje potrebnih sustava za prikupljanje i pročišćavanje komunalnih otpadnih voda zatražen je do 2018./2020./2023. godine. [6]

U planu provedbe vodno komunalnih direktiva stoji:

„Republika Hrvatska će kopneni dio Jadranskog sliva proglasiti jedinstvenim osjetljivim područjem zbog zaštite zaštićenih područja namijenjenih zahvaćanju vode za ljudsku potrošnju (kriterij c Direktive - Okvirna direktiva o vodama 2000/60/EC) i primjenjivati će naprednije pročišćavanje s uklanjanjem dušika i fosfora ako je potrebno u svim aglomeracijama većim od 10.000 ES za sva ispuštanja u kopnene vode.“ [6]

„*Kopneni dio Jadranskog sliva namjerava se, zbog zaštite područja namijenjenih zahvaćanju vode za ljudsku potrošnju, štititi na najvišoj razini, ako se to ukaže potrebnim. Na navedenom području se nalaze značajne strateške rezerve vode za piće, čija je zaštita*

nacionalni prioritet od najviše važnosti. Ovo područje je područje krša, koje u odnosu na ostala područja ima specifičnosti u pogledu tečenja i pronosa onečišćenja, što dodatno izrazito usložnjava provedbu mjera zaštite podzemnih voda i zaštite podzemnih ekosustava." [6]

Područje grada Sinja dio je kopnenog Jadranskog sliva, te je, kao što se iz prethodnog teksta može zaključiti, u *„planu provedbe vodno komunalnih direktiva"* označeno kao osjetljivo područje (tablica 6.). Zbog toga je za očekivati da će se u sustav javne odvodnje grada Sinja morati uložiti značajna sredstva i napori da bi se dosegla tražena razinu sigurnosti.

4.2. Financiranje iz strukturnih fondova Europske unije

Ulaskom Hrvatske u EU, također se i otvorila prilika za pribavljanjem potrebnih financijskih sredstava za poduzimanje navedenih koraka.

Krajem 2014. godine potpisan je ugovor o projektiranju sustava odvodnje na području grada Sinja, vrijedan oko 3 milijuna kuna. Riječ je o ugovoru za projektiranje sustava odvodnje Sinj – Brnaze – Glavice, koji će grad Sinj sufinancirati s 15 posto, a ostatak će biti osiguran iz fondova EU-a. U „Vodovodu i odvodnji Cetinske krajine" nadaju se da bi projektiranje sustava odvodnje trebalo biti gotovo do 30. lipnja 2016. godine kako bi do kraja 2018. godine bili završeni radovi na izgradnji sustava i UPOV-a grada Sinja. [7]

Iz strukturnih fondova EU-a ukupno će za studijsku i projektnu dokumentaciju za izgradnju vodoopskrbe i odvodnje na području Cetinske krajine biti osigurano 13,027 milijuna kuna.

Tablica 6. Popis aglomeracija većih od 2.000 ES, podaci za Sinj, iz „*plana provedbe vodno-komunalnih direktiva*“ (studeni 2010.) [6]

Aglomeracija	Vrsta prijemnika	Ime prijemnika	Osjetljivost područja *	ID Osjetljivog područja	Rok za ispunjenje zahtjeva 31. 12. _	Stopa priključenosti	Ukupno trenutno opterećenje (ES)	Ukupno planirano opterećenje (ES)	UPOV - postojeća razina proč..	UPOV - postojeći kapacitet (ES)	UPOV - planirana razina proč..	UPOV - planirani kapacitet (ES)	Odvodne mreže cijena izgradnje (euri)	UPOV cijena izgradnje (euri)	Ukupna cijena izgradnje (euri)
Rugvica - Dugo Selo	Vodotok	Rijeka Sava	osjetljivo	3000	2018	32%	21.915	48.900			3	50.000	17.946.000	8.844.000	26.790.000
Samobor	Vodotok	Rijeka Rakovica	osjetljivo	3000	2018	56%	30.227	37.927			3	40.000	34.692.000	6.395.000	41.086.000
Savudrija	More	Zapadna obala Istre	osjetljivo	1000	2018	71%	17.283	28.112	P	15.000	3	32.400	1.744.000	8.334.000	10.078.000
Selce	More	Kvarnerski zaljev	normalno		2023	97%	3.223	4.985			1	5.000	639.000	705.000	1.344.000
Semeljci	Vodotok	Rijeka Brana	osjetljivo	3000	2023	0%	3.442	3.442			2	4.000	2.224.000	816.000	3.041.000
Senj	More	Podvelebitski kanal	normalno		2023	46%	6.791	8.670	2	9.900	2	9.900	3.673.000	.000	3.673.000
Šibenik	More	Zlarinski kanal	normalno		2018	58%	79.606	100.000	1	50.000	2	100.000	14.408.000	5.442.000	19.850.000
Sinj	Vodotok	Rijeka Cetina	osjetljivo	5000	2018	30%	36.570	29.650	P	15.000	3	30.000	19.728.000	2.721.000	22.449.000
Sisak	Vodotok	Rijeka Sava	osjetljivo	3000	2018	70%	51.563	59.997			3	60.000	32.041.000	10.884.000	42.925.000
Škabrnja	Podzemne vode	Podzemne vode	osjetljivo	5000,4007	2023	0%	2.962	4.198			2	4.000	4.708.000	544.000	5.252.000
Skradin	Vodotok	Rijeka Krka	osjetljivo	1014	2023	34%	2.022	3.350	2	1.700	3	3.400	2.449.000	680.000	3.129.000
Slano	More	Kanal Koločep	normalno		2023	34%	2.129	5.400			1	5.400	1.476.000	816.000	2.293.000
Slatina	Vodotok	Rijeka Kurjakuša	osjetljivo	3000	2020	42%	14.234	34.366			3	34.500	4.177.000	4.762.000	8.939.000
Slavonski Brod	Vodotok	Rijeka Sava	osjetljivo	3000	2018	67%	92.518	100.000			3	100.000	35.114.000	16.246.000	51.360.000
Slavonski Šamac	Vodotok	Rijeka Sava	osjetljivo	3000	2023	0%	5.150	5.150			2	5.000	6.395.000	1.020.000	7.415.000
Slunj	Vodotok	Rijeka Korana	osjetljivo	3000	2023	65%	2.043	4.943			2	6.000	1.837.000	1.088.000	2.925.000
Smokvica - Brna	More	Lastovski kanal	normalno		2023	0%	2.578	2.978			P	3.000	2.014.000	503.000	2.517.000
Špišić Bukovica	Vodotok	Rijeka Lendava	osjetljivo	3000	2023	0%	3.791	3.791			2	4.500	2.128.000	1.088.000	3.216.000

5. OPĆENITI POSTUPAK PROCJENE POSTOJEĆEG STANJA SUSTAVA ODVODNJE

Prije provođenja cjelokupnog plana obnove potrebno je analizirati postojeće stanje, odnosno obaviti sljedeće zadaće:

- fizički pregled
- čišćenje cijevi
- unutrašnji pregled

5.1. Fizički pregled

Fizički pregled obavlja se s ciljem izoliranja problematičnih područja te određivanja općih fizičkih uvjeta onih dijelova mreže koji su predodređeni za obnovu. U pregled su uključene sljedeće zadaće: [8]

1. **Površinski pregled** – Ispitat će se opći uvjeti na području koje se istraživa, kao što su topografija, stanje ulica, te pristup revizijskim oknima. Odrediti će se moguća problematična područja kao što su vodotoci, križanje rijeka i prirodna poplavna područja, te ključna revizijska okna za dodatna mjerenja protoka i nadgledanje podzemnih voda. Također, provjeriti će se točnost i potpunost karata mreže odvodnje.
2. **Nadgledanje toka** – Provoditi će se kako bi se dobio uvid u količinu toka u cijevima odvodnje. To će omogućiti identifikaciju područja gdje postoji dotok/infiltracija u sustav.
3. **Mjerenje protoka** - Primarni cilj mjerenja protoka je određivanje količine osnovnog protoka te infiltracije i dotoka u sustav. Mjerenje protoka u cijevima pružit će jasan uvid u varijacije te tri komponente protoka u vremenu.
4. **Pregled revizijskih okana i cijevi odvodnje** – Odrediti će realno stanje sustava odvodnje. Popis dužine, veličine, vrste, dubine, te opći uvjeti cijevi odvodnje, pružit će bazu za procjenu rada potrebnog za pripremno čišćenje i unutrašnji pregled. Dubina toka u odvodnim kanalima pružit će okvirnu procjenu kapaciteta sustava i moguće prisutnosti dotoka/infiltracije u određenim dijelovima sustava.
5. **Simulacija oborina** - Simulacija oborina korisna je za utvrđivanje dotoka/infiltracije u sustav tijekom oborinskih događaja. Da bi se utvrdilo da li je simulacija oborina uopće

potrebna provodi se pažljiva studija karata odvodnje, trenutnih ili prethodnih analiza dotoka/infiltracije, dimni test te fizički pregled.

5.2. Čišćenje cjevovoda

Čišćenje cjevovoda potrebno je obaviti prije unutrašnjeg pregleda cjevovoda. Glavni razlog čišćenja jest osigurati dostatno čiste stjenke cijevi, kako bi fotografije i videa snimljeni prilikom unutrašnjeg pregleda bili što jasniji. Čisti cjevovod pružit će jasan uvid u strukturalne nedostatke, odstupanja, te mjesta dotoka/infiltracije. Procedura čišćenja bi trebala osigurati čišćenje mulja, blata, pijeska, šljunka, kamenja, masti i korijenja iz unutrašnjosti cjevovoda. Čišćenje se obavlja mehaničkim pomagalima ili ispiranjem.

Prije poduzimanja operacije čišćenja potrebno je ocijeniti: pristup i stanje revizijskih okana, dubinu i veličinu cijevi, vrstu krutih materijala koje treba ukloniti, količinu korijenja, količinu protoka, konstruktivno stanje cijevi, te dostupnost hidranata.

5.3. Unutrašnji pregled cjevovoda

Ocjena konstruktivnog stanja postojeće cijevi i njen hidraulički kapacitet važni su faktori na temelju kojih će se utvrditi opcije za obnovu. Tamo gdje je fizički pristup u cijev moguć, kvalificirana osoba vrši pregled, vodeći računa o sigurnosti. Nedostatci se utvrđuju i bilježe od strane kvalificiranih operatera koji mogu uspješno ocijeniti stanje cijevi.

Za one cijevi gdje fizički pristup nije moguć, koristi se CCTV kamera (engl. *Closed-circuit television*) i oprema za elektroničko praćenje, kako bi se ocijenilo stanje unutar cijevi (slika 6.). Prije nego ikakvo istraživanje CCTV kamerom započne, potrebno je ispitati trase kritičnih cjevovoda da bi se reducirale operativne greške. Zbog toga ovu proceduru trebaju voditi iskusni inženjeri.

Postupak počinje tako da se kroz revizijsko okno spušta samohodna CCTV kamera upravljana od strane vještih operatera. Standardna dužina istraživanja po danu jest 100m po jedinici. Tijekom istraživanja pomoću CCTV kamere, bez obzira na opći pregled odvodnih cijevi, također se pregledavaju revizijska okna. Revizijska okna igraju važnu ulogu u bezrovovskim metodama obnove cjevovoda. Zatrpana revizijska okna i zaglavljeni poklopci uzrokuju ozbiljne probleme za pristup.

Za vrijeme istraživanja, informacije se bilježe i pohranjuju na računalo ili drugi medij. Informacije sadržavaju podatke o veličini i vrsti odvodnog kanala, smjeru toka, napomene o revizijskim oknima i datum.

Rezultat unutrašnjeg pregleda je izvještaj sukladan normi HRN EN 13508-2 koji sadrži sveobuhvatnu i detaljnu pisanu i video dokumentaciju koja odražava zatečeno stanje pregledanih cijevi.



Slika 6. Oprema za unutrašnji pregled pomoću samohodne CCTV kamere [8]

6. ANALIZA POSTOJEĆEG STANJA SUSTAVA ODVODNJE GRADA SINJA

Analiza postojećeg sustava odvodnje grada Sinja, za potrebe ovog rada, većim dijelom preuzeta je iz analize koju posjeduje i čije korištenje je odobrilo poduzeće *„Vodovod i odvodnja Cetinske krajine“*. Ova analiza nije toliko detaljna i ne sadrži sve što bi u pravilu trebala sadržavati da bi se moglo odlučivati o odabiru metode obnove. Međutim, bila je jedina dostupna i sigurno da će koristiti potrebeama ovog rada. U komunalnom poduzeću rade na detaljnim analizama. Ipak, uz pratnju djelatnika komunalnog poduzeća, posjećeni su problematični dijelovi sustava odvodnje, te su upoznati iz „prve ruke“.

6.1.1. Kriterij za ocjenu postojećeg stanja

Kako bi se moglo analizirati i ocijeniti postojeće stanje sustava odvodnje prethodno je potrebno definirati kriterije po kojima će se postojeće stanje ocijeniti, odnosno ustanoviti da li zadovoljava potrebe kvalitete odvodnje ili ne i u kojoj mjeri.

Neki od kriterija ocjene postojećeg stanja odvodnje su: [4]

- Pojava tlačnog tečenja, uskih grla i poplavljivanja
- Postotak priključenosti zagađivača na postojeći sustav odvodnje i UPOV
- Količina stranih voda ili infiltracije
- Zaštita recipijenta od zagađenja
- Stanje sustav odvodnje u pogledu starosti i dotrajalosti

Za ocjenu funkcionalnosti i sigurnosti odvodnje potrebno je definirati povratni period oborine kao ekonomsku kategoriju, kod koje se može dozvoliti određena vrsta pojave ovisno o zoni, odnosno rangu štete koja može nastati.

Kod procjene postojećeg stanja sustava odvodnje grada Sinja minimalni kriterij koji bi definirali zadovoljavajuće stanje (prema EN 752) nalaze se u tablici 7.

Tablica 7. Preporučene učestalosti poplavljivanja za Sinj [4]

Povratni period oborine pri kojoj je tečenje gravitacijsko "n" godina	Povratni period poplave "n" godina
2	20

To znači da se za povratni period oborine od dvije godine tečenje odvija gravitacijski tj. nema pojave tlačnog tečenja, osim od uspora kišnih preljeva, a poplavljivanje je dozvoljeno tek za oborinu povratnog perioda od dvadeset godina.

6.1.2. Hidraulički kapaciteti

Prema provedenim hidrološko-hidrauličkim simulacijama za ITP oborine povratnih perioda od 2, 5, 10 i 20 godina, te trajanje oborine od 20 minuta (koje je definirano kao mjerodavno trajanje, koje daje najveće protoke analizirane za oborine trajanja od 10 do 60 minuta), zaključilo se da **pojave poplavljivanja nema**. Javlja se uglavnom tlačno tečenje na transportnom kolektoru, te na još nekoliko lokacija, ali bez znatnih problema. [4]

Dakle, što se tiče hidrauličkog kapaciteta sustava odvodnje grada Sinja, može se reći da zadovoljava kriterije postavljene za ocjenu postojećeg stanja. To znači da na sustavu ne dolazi do poplavljivanja niti kod oborina povratnog perioda većeg od deset godina. Tlačno tečenje, koje se javlja za vrijeme kiša, također je zadovoljavajuće jer se pojava tlaka događa minimalno na transportnom kolektoru kod dvogodišnjeg povratnog perioda, ali na toj razini od pola metra ispod površine terena je i za dvadeset-godišnji povratni period.

Razlog zadovoljavajućem kapacitetu leži u nizu izgrađenih kišnih preljeva, koji svu otpadnu vodu koja je veća od kritične protoke prelijevaju u okolne recipijente (potoke ili oborinske kanale).

Jedino područje koje je eventualno problematično u smislu nedovoljnog kapaciteta jest na onome koje se spaja na kolektor u Ulici Luka (južno od Pelimovca) (slika 7.). Tu se naime mješoviti kolektor priključuje na fekalni kolektor, koji se ponovno priključuje na mješoviti sustav. Uglavnom se radi o malim poprečnim profilima i strmim terenima, tako da je pitanje koliko oborinske vode dospije u sustav odvodnje. Bez obzira, ovo područje treba analizirati u koncepcijskom smislu kod budućeg razvoja. [4]



Slika 7. Oznaka tog područja [2]

Područje starog dijela grada koje se nalazi na strmom terenu i terenu koji je uglavnom popločan, asfaltiran ili betoniran, predlaže se izgraditi/zadržati kao mješoviti sustav. Razlog tome je što u blizini nema prirodnog recipijenta, a sustav odvodnje ima dovoljan kapacitet da prihvati oborinske vode nastale na ovom području.

6.1.3. Stari oborinski kanali sa spojevima fekalne odvodnje okolnih kuća

Pored prethodno opisanog problema, na području užeg centra stare jezgre grada, prema iskustvu službenika „Vodovoda i odvodnje Cetinske krajine“ a i obilaskom terena potvrđeno je, nalazi se niz starih oborinskih kanala koji su s vremenom popločani, a u njih su se s vremenom priključivali sanitarni dotoci okolnih kuća. Nije posve jasno kuda se priključuju ti kanali, ali izvjesno je da na tom području treba izgraditi mješovitu odvodnju, jer oborinske vode nemaju u blizini recipijent za prijem istih, pa tako oborinske vode dospiju u nizvodne slivnike mješovite odvodnje. Prikaz takvih kanal je na slici 8.



Slika 8. Stari popločani oborinski kanali

6.1.4. Područja koja nisu spojena na jedinstven sustav odvodnje i UPOV

Prema već prethodno napisanom o kolektorima „Vojarna" i „Dalmatinka", koji nisu spojeni na ostatak sustava odvodnje, sve njihove otpadne vode se ispuštaju direktno u recipijente. S obzirom da se oba ova područja nalaze u nizinskom dijelu Sinja, pretpostavlja se da su ovi kolektori podložni povećanoj infiltraciji. Ti kolektori nemaju sekundarnih priključaka i postoji mogućnost da ih se prenamjeni u oborinske kanale, ako bi se na tom mjestu gradio razdjelni sustav odvodnje.

Također je važno spomenuti kolektor u ulici Put šumarije. Naime, ovaj kolektor je postavljen u trup ceste, koja je u odnosu na okolni teren postavljena u nasipu. Kako je kolektor relativno plitak, a okolne kuće u odnosu na njega nisko postavljene, iz tih kuća nije moguće spojiti otpadne vode gravitacijski na spomenuti kolektor (slika 9.). Iz tog razloga, procjenjuje se da je na njega spojen jako mali broj kućnih priključaka. [4]



Slika 9. Kuće u odnosu na trup ceste u ulici „Put šumarije“

Pored gore navedenoga, važno je napomenuti da se u potoke Gorućica i Ćosin potok direktno upuštaju fekalne otpadne vode na više lokacija. Tu se prvenstveno radi o ilegalnim priključcima u potoke. Ovakvim načinom odvodnje, znatno se zagađuju spomenuti potoci, što rezultira neugodnim mirisima posebice u dužim beskišnim periodima (slika 10.).

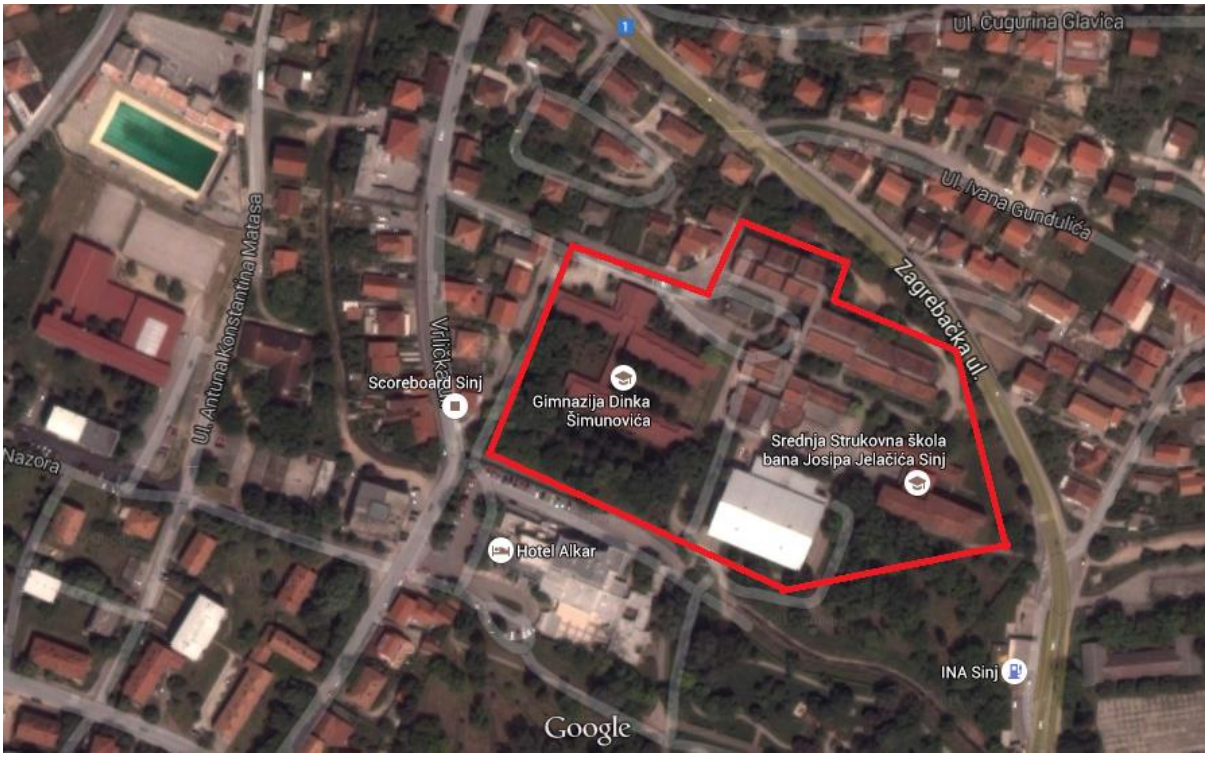


Slika 10. Ispuštanje ilegalnih priključaka u „Ćosin potok“

Sve ovakve priključke treba spojiti na cjelovit sustav odvodnje, koji će sve zagađene otpadne vode odvesti na UPOV.

Jedna od takvih lokacija je i srednjoškolski kompleks u Ul. D. Šimunovića (slika 11.). Ovaj kompleks iako se nalazi na području na kojem postoji razvijen sustav odvodnje, nije spojen niti se može spojiti, već se otpadne vode bez ikakvog tretmana upuštaju u Ćosin potok.

Ovo je možda najveći problem u postojećem sustavu, jer kompleks koristi oko 1000 korisnika. Zbog toga se predviđa izgradnja novog fekalnog kolektora uz Ćosin potok, koji bi sakupio otpadne vode i priključio ih na sustav odvodnje i UPOV. Predstavnik komunalnog poduzeća je posebno upozorio na ovaj problem, obzirom da je oko 1000 korisnika ovog kompleksa, koji se sastoji od tri srednje škole i školske dvorane. [4]



Slika 11. Srednjoškolski kompleks u Ul. D. Šimunovića koji nije dio sustava odvodnje [2]

6.1.5. Karakteristike sustava s obzirom na starost i materijale izvedbe

Prema podacima dobivenim od strane poduzeća „Vodovod i odvodnja cetinske krajine“, sustav odvodnje grada Sinja počeo se graditi prije više od 50 godina. Nažalost, grafički prikaz starosti pojedinih kolektora sustava odvodnje grada Sinj nije bio dostupan. Takav prikaz dosta bi olakšao uvid u postojeće stanje i koristio pri analizi sustava.

Ovdje je važno spomenuti, kako se u novije vrijeme za lakše upravljanje sustavima odvodnje koristi Geografski informacijski sustav (GIS). **Geografski informacijski sustav** (GIS) je sustav za upravljanje prostornim podacima i osobinama pridruženih njima. U najstrožem smislu to je računalni sustav sposoban za integriranje, spremanje, uređivanje,

analiziranje i prikazivanje geografskih informacija. Karte mreže odvodnje, u GIS-u, trebale bi prikazivati: promjer cijevi, vrstu cijevi, materijale cijevi, duljinu između susjednih revizijskih okna, smjer toka, lokacije revizijskih okna, povišenja, nagibe itd. [9]

Što se tiče materijala pojedinih cijevi odvodnje grada Sinja, njihove karakteristike su prikazane u tablici 8.

Tablica 8. Cijevi i materijali mreže odvodnje grada Sinja [4]

Mreža	**Vrsta materijala i poprečni presjek**	**Dužina (m)**
Fekalni kolektori	*PP/PEHD/PVC, DN 150 mm	30
	*PP/PEHD/PVC, DN 200 mm	1.335
	PP, DN 200 mm	160
	AC, DN 250 mm	970
	PVC, DN 250 mm	200
	PP, DN 250 mm	170
	*PP/PEHD/PVC, DN 250 mm	3.290
	*PP/PEHD/PVC, DN 300 mm	1.015
	PP, DN 300 mm	155
Mješoviti kolektori	ACC, DN 200 mm	310
	ACC, DN 250 mm	1.015
	PP, DN 250 mm	110
	ACC, DN 300 mm	1.565
	ACC, DN 350 mm	410
	ACC, DN 400 mm	1.450
	PP, DN 400 mm	130
	**betonski jajasti kanal, DN 400 - 500 mm	320
	**ACC, DN 400 - 500 mm	235
	ACC, DN 450 mm	225
	ACC, DN 500 mm	1.185
	ACC, DN 600 mm	1.560
	ACC, DN 700 mm	1.925
	ACC, DN 800 mm	1.995
	ACC, DN 900 mm	440
	ACC, DN 1000 mm	180
	ACC, DN 1100 mm	345
	ACC, DN 1700 mm	390
	AB kanal, 1.40 x 1.10 m	125
	AB kanal, 1.60 x 1.10 m	210
	ACC, DN nepoznat	620
FEKALNAMREŽA:		**7.325**
MJEŠOVITA MREŽA:		**14.745**
UKUPNO:		**22.070**

6.1.6. Ostali nedostatci sustava odvodnje grada Sinja

Obilaskom terena, uočeno je da na strmim dijelovima grada u uličnoj odvodnji nije dostatan broj slivnika, koji bi primili oborinske vode i odveli ih u sustav odvodnje, pa se oborinske vode sakupljaju u dvorištima okolnih kuća ili se zadržavaju na samim prometnicama, kad stignu u ravninska područja, uzrokuje pojavu vode na terenu i poteškoće stanovništvu ili prometu.

Također, zamijećeno je da na UPOV dolaze velike količine pijeska. Dio tog pijeska dospijeva u sustav u zimskom periodu, kad se posipa kolnik državne ceste D-1, a dio s Alkarskog trkališta.

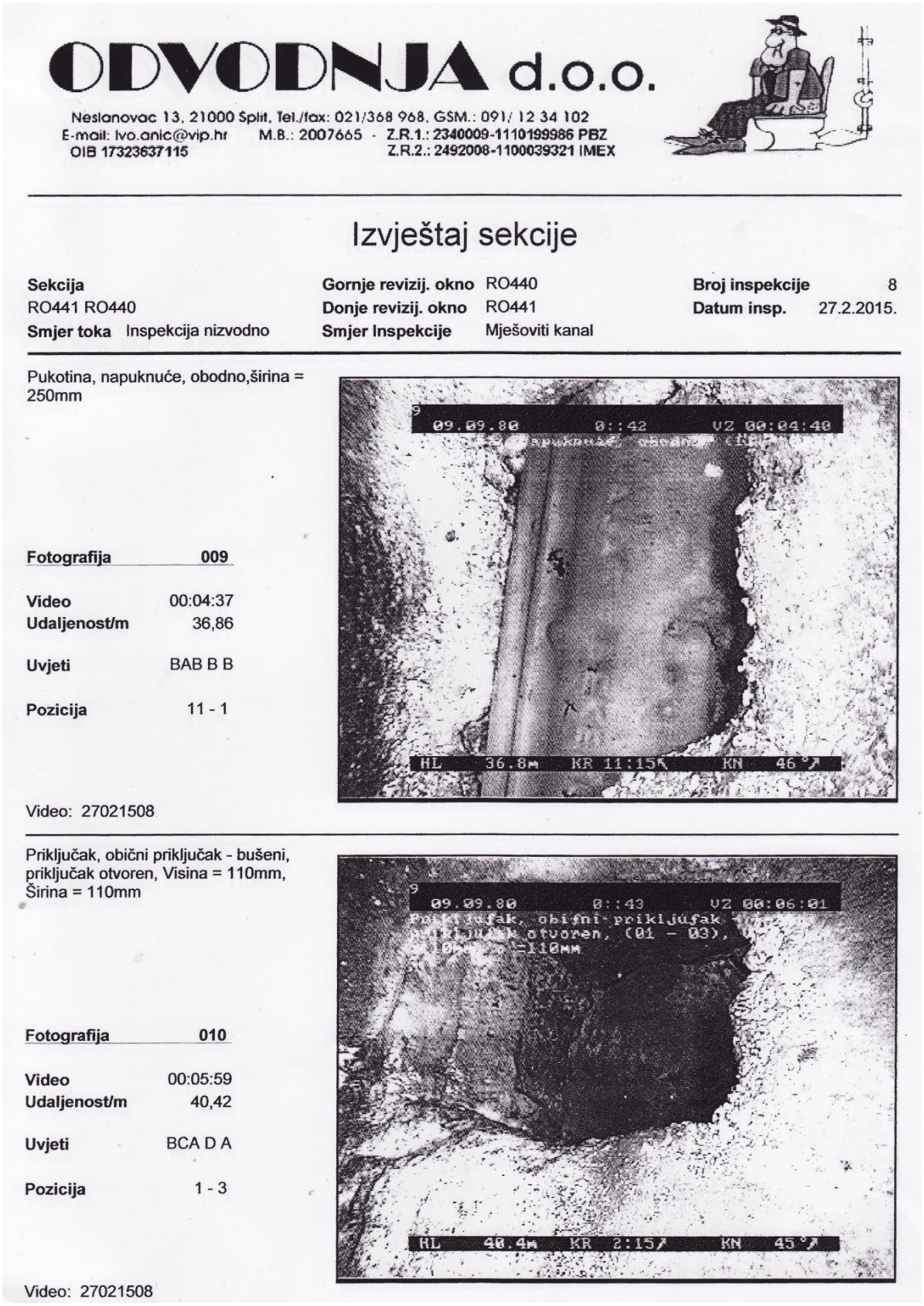
Također je uočeno da za vrijeme padanja oborine preljev PGI2, koji se nalazi u blizini UPOV-a, preljeva znatnu količinu preljevnih voda. Usporedbom kota krune preljeva vidi se da je preljev PG12, u odnosu na preljev u sklopu UPOV-a, na nižoj koti. Posljedica toga je da se za vrijeme većih protoka sav dotok i (zagađenje) iz kolektora „Put šumarije“ prelije preko PG12 i ne dospije do UPOV-a. Potrebna je rekonstrukcija tog spoja. [4]

6.1.7. Unutrašnji pregled cjevovoda odvodnje grada Sinja

Od djelatnika poduzeća „Vodovod i odvodnja Cetinske krajine“, dobivene su informacije da je sustav odvodnje u lošem stanju - kolektori su ispucali a spojevi propuštaju. To bi za posljedicu moglo rezultirati povećanom infiltracijom u sustav, te povećanim količinama stranih voda. No prije bilo kakvih zaključaka bilo je potrebno provesti unutrašnji pregled cjevovoda.

Unutrašnji pregled postojeće mreže odvodnje grada Sinja nedavno je i proveden. Nažalost, izvještaji o snimanju još nisu obrađeni, što će predstavljati veliki nedostatak pri odabiru metode obnove.

Ipak, omogućen je uvid u izvještaje te su informativno prostudirani (slika 12. i 13.).



ODVODNJA d.o.o.

Neslanovac 13, 21000 Split, Tel./fax: 021/368 968, GSM.: 091/ 12 34 102
E-mail: ivo.anic@vip.hr M.B.: 2007665 - Z.R.1.: 2340009-1110199986 PBZ
OIB 17323637115 Z.R.2.: 2492008-1100039321 IMEX

Izvještaj sekcije

Sekcija		**Gornje revizij. okno**	RO440	**Broj inspekcije**	8
RO441 RO440		**Donje revizij. okno**	RO441	**Datum insp.**	27.2.2015.
Smjer toka	Inspekcija nizvodno	**Smjer Inspekcije**	Mješoviti kanal		

Pukotina, napuknuće, obodno,širina = 250mm

Fotografija	**009**
Video	00:04:37
Udaljenost/m	36,86
Uvjeti	BAB B B
Pozicija	11 - 1

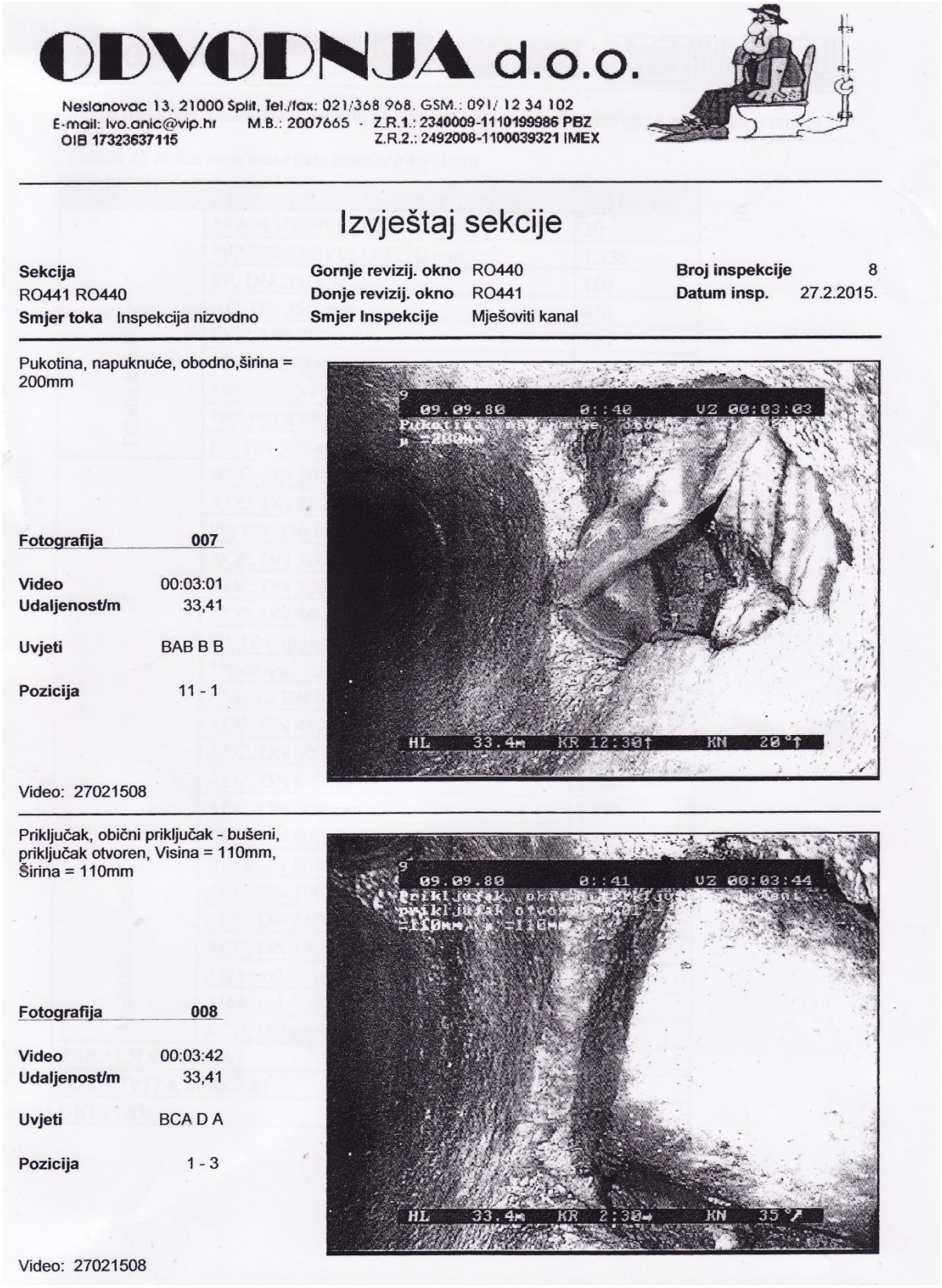
Video: 27021508

Priključak, obični priključak - bušeni, priključak otvoren, Visina = 110mm, Širina = 110mm

Fotografija	**010**
Video	00:05:59
Udaljenost/m	40,42
Uvjeti	BCA D A
Pozicija	1 - 3

Video: 27021508

Slika 12. Primjer izvještaja sekcije [6]



ODVODNJA d.o.o.

Neslanovac 13, 21000 Split, Tel./fax: 021/368 968, GSM.: 091/ 12 34 102
E-mail: ivo.anic@vip.hr M.B.: 2007665 - Z.R.1.: 2340009-1110199986 PBZ
OIB 17323637115 Z.R.2.: 2492008-1100039321 IMEX

Izvještaj sekcije

Sekcija		**Gornje revizij. okno**	RO440	**Broj inspekcije**	8
RO441 RO440		**Donje revizij. okno**	RO441	**Datum insp.**	27.2.2015.
Smjer toka	Inspekcija nizvodno	**Smjer Inspekcije**	Mješoviti kanal		

Pukotina, napuknuće, obodno,širina = 200mm

09.09.80 0::40 VZ 00:03:03

HL 33.4m KR 12:30↑ KN 20°↑

Fotografija **007**

Video 00:03:01
Udaljenost/m 33,41

Uvjeti BAB B B

Pozicija 11 - 1

Video: 27021508

Priključak, obični priključak - bušeni, priključak otvoren, Visina = 110mm, Širina = 110mm

09.09.80 0::41 VZ 00:03:44

HL 33.4m KR 2:30→ KN 35°↗

Fotografija **008**

Video 00:03:42
Udaljenost/m 33,41

Uvjeti BCA D A

Pozicija 1 - 3

Video: 27021508

Slika 13. Primjer izvještaja sekcije [6]

7. TRADICIONALNA METODA OBNOVE

Obnavljanje cjevovoda sustava odvodnje tradicionalnom (konvencionalnom) metodom „iskopaj i zamjeni" (engl. *open-cut*), najčešće se koristi u praksi. Obično je to i najjeftinija dostupna metoda za navedenu namjenu, ako cijevi nisu postavljenje ispod kolničke konstrukcije i ako se ne izvodi u jako urbanim područjima. Navedena metoda temelji se na potpunoj **zamjeni** cjevovoda, iskopom rova duž cijele trase, vađenju dotrajalog cjevovoda, te ugradnji novog.

Ova metoda neophodna je u situacijama kada ni jedna od drugih (bezrovovskih) metoda ne može zadovoljiti tražene tehničke i konstruktivne zahtjeve. Međutim, u relativno nerazvijenim zemljama i zemljama u razvoju, ova metoda još uvijek predstavlja glavni način obnove cjevovoda te se koristi i u situacijama kada bi primjena bezrovovskih metoda možda predstavljala bolji izbor.

Postoje dvije vrste obnove ovom metodom: zamjena cjevovoda na postojećoj trasi i zamjena cjevovoda uz promjenu trase. U ovom radu promatrati će se metoda zamjene cjevovoda na postojećoj trasi.

Korištenje ove metode za obnovu sustava odvodnje, u praksi, uključivalo bi neke ili sve od sljedećih koraka:

- Dopremljeni materijal i materijal sa gradilišta skladišti se na način da su minimalne smetnje za promet i okolinu;
- Kolnik se reže na širinu rova, pilom za asfalt;
- Izrezani kolnik i ostali materijal ukrcavaju se u kamione pomoću jaružala;
- Otkopane cijevi potom se uklanjaju i zamjenjuju novim;
- Rovovi se zatrpavaju pijeskom i šljunkom te zbijaju;
- Radi se privremeni kolnik kako radovi napreduju;
- Rovovi se konačno prekrivaju trajnim slojem asfalta kada je dovoljan razmak između grupe koja postavlja cijevi i grupe koja asfaltira; i
- Na kraju se izvode završni radovi, čišćenje, sadnja itd.



Slika 14. Oprema i materijali skladišteni na gradilištu [10]



Slika 15. Iskop rova i postavljanje cijevi [10]



Slika 16. Zbijanje nasutog materijala i privremeni asfaltni sloj [10]

Nedostatci tradicionalne metode uključuju, ali nisu tim ograničeni:

- Povećanje prometnih gužvi i kašnjenja u prometu;
- Smanjenu sigurnost zbog prometnih problema kao i zbog otvorenih rovova;
- Velike količine iskopa te tešku mehanizacija potrebnu za izvedbu radova;
- Znatne popratne troškove (iskopavanje, zatrpavanje, itd.);
- Više društvene i ekološke troškove odnosno otežan prilaz lokalnim stanovnicima, stvaranje buke, vibracija, prašine i povećano zagađivanje okoliša;
- Ometanje poslovnih, uslužnih i komercijalnih djelatnosti u blizini građevinskog zahvata;
- Dulje vrijeme izgradnje i prekida usluge u odnosu na većinu bezrovovskih tehnologija; Opasnost od oštećenja drugih površinskih i podzemnih infrastrukturama;

Neke od prednosti ove metode su:

- U pravilu je jeftinija od bezrovovskih metoda, pogotovo ako cijevi nisu ispod kolničke konstrukcije i na većim dubinama;
- S tehničkog gledišta je neovisna o: vrsti kvara; poprečnom presjeku, materijalu i dimenzijama cijevi; dubini, pružanju i savijanju cijevi; stanju unutar cijevi; geološkim i hidrološkim uvjetima;
- Lakša je zamjena bočnih priključaka u skladu s trenutnim standardima;
- Lakše je povećavanje hidrauličkog kapaciteta i promjena razine sustava u skladu s trenutnim i budućim potrebama; i
- Dulji je očekivani vijek trajanja ugrađene infrastrukture, u usporedbi s bezrovovskim metodama, zbog toga što se ugrađuje potpuno nova infrastruktura sa svim dodacima.
- Moguća je zamjena ostalih podzemnih infrastruktura, kao i obnova kolnika i ulica za vrijeme istog građevinskog zahvata



Slika 17. Posljedice korištenja tradicionalne metode u urbanoj sredini [10]

8. BEZROVOVSKE METODE OBNOVE

Bezrovovska tehnologija (engl. *trenchless tehnology*) je tip izvođenja potpovršinskih konstrukcija pri čemu je dovoljno nekoliko iskopa bez potrebe za kontinuiranim iskopom duž cijele trase cjevovoda. Ovaj tip tehnologije bilježi znatan i brz napredak u novije vrijeme. Bezrovovska tehnologija može se definirati i kao „skup metoda, materijala i opreme koji se koriste za postavljanje nove, zamjenu stare, ili sanaciju postojeće podzemne infrastrukture sa minimalnim remećenjem površinskih aktivnosti".

Dakle, za **obnovu** sustava odvodnje bezrovovske (nekonvencionalne) metode temelje se na principu bez iskapanja ili s neznatnim iskopima odnosno obnovi cjevovoda kroz postojeća revizijska okna. Na tržištu postoji cijeli niz metoda, koje primjenjuju različite tehnologije, materijale i opremu za izvođenje. Općenito ih možemo podijeliti u dvije grupe: **metode kojima se zamjenjuju postojeći cjevovodi** i **metode kojima se saniraju postojeći cjevovodi**. Naravno, postoje i bezrovovske metode ugradnje novih cjevovoda na novim trasama, ali kako je tema ovog rada obnova postojećih cjevovoda, te metode se neće spominjati.

Bezrovovska tehnologija konstantno napreduje, usavršavaju se postojeće i otkrivaju nove metode i materijali. Zbog toga a i zbog različitih naziva sličnih ili istih metoda, teško je napraviti selekciju svih metoda te njihov detaljan opis. **Cilj ovog poglavlja je dati uvid u bezrovovske metode obnove koje se trenutno koriste u svijetu i koje je moguće primijeniti za obnovu cjevovoda gravitacijskog sustava odvodnje**. Ukratko će se opisati njihov način izvođenja i osnovne karakteristike, a sve to u svrhu razmatranja korištenja tih metoda za obnovu cjevovoda odvodnje grada Sinja. Za sve zahtjeve više od toga, potrebno je pogledati literaturu koja se bavi detaljnom analizom bezrovovskih tehnologija.

8.1. Bezrovovske metode zamjene cjevovoda

Metoda zamjene cjevovoda, koje se trenutno koriste u svijetu i koje bi se mogle primijeniti za promatranu svrhu ovog rada, a da koriste bezrovovsku tehnologiju, su:

1. Pipe bursting:
    - Pneumatski;
    - Statičkim povlačenjem;
    - Hidrauličkom ekspanzijom;

2. Ostale bezrovovske metode zamjene:

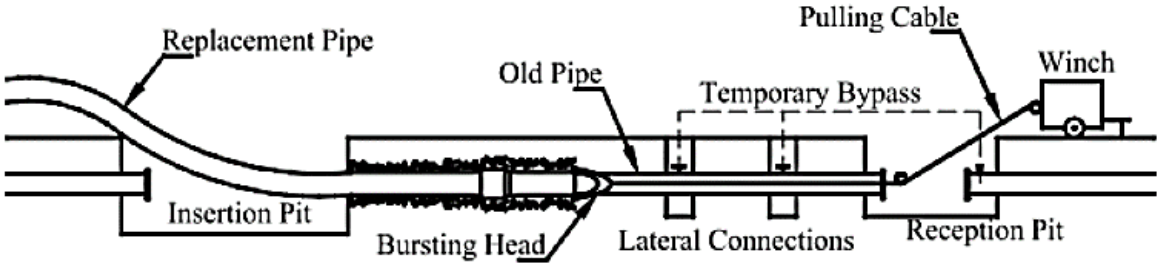
    - *Pipe implosion (crushing);*
    - *Pipe eating;*
    - *Pipe reaming;*

Svaka od ovih metoda koristi vlastitu odgovarajuću opremu za izvođenje.

Pipe bursting najznačajnija je bezrovovska metoda zamjene cjevovoda i u praksi se najviše primjenjuje, stoga će se ona opširnije opisati. Ostale metode tehnički su zahtjevnije jer koriste sofisticiraniju opremu, stoga su i manje zastupljene u praksi te će se njima posvetiti manje pozornosti.

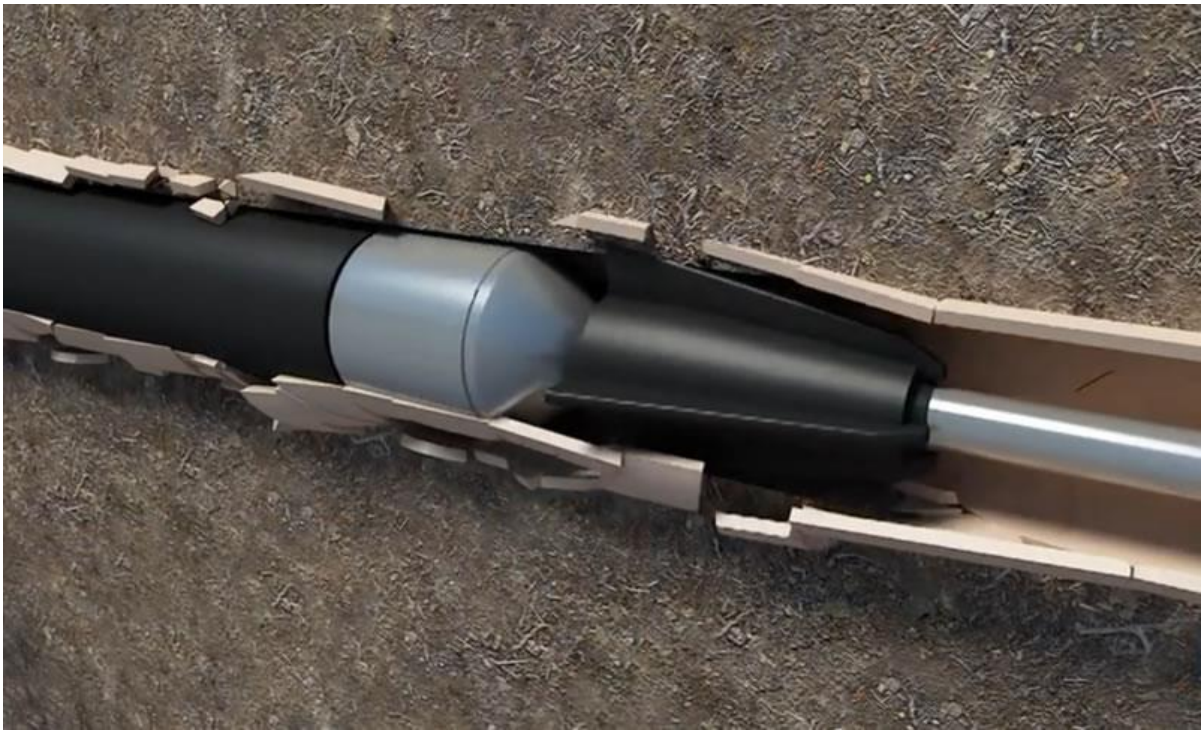
8.1.1. Generalno o *pipe bursting* metodi

Općenito, *pipe bursting* (proboj cijevi) izvodi se **pneumatski**, **hidraulički** ili **statičkim povlačenjem**, lomljenjem (probijanjem) postojeće cijevi i razmicanjem slomljenih dijelova u okolno tlo, dok se kroz nju provlači nova cijev.



Slika 18. Pipe bursting [11]

Tipični *pipe bursting* uključuje umetanje konusnog alata odnosno glave za lomljenje (engl. *bursting head*) unutar postojeće cijevi koja se želi zamijeniti. Glava za lomljenje lomi postojeću cijev i razmiče slomljene dijelove u okolno tlo (slika 19.). Istovremeno, nova cijev je provučena ili nagurana nakon prolaska glave za lomljenje. Baza glave za lomljenje veća je od unutarnjeg promjera stare cijevi (50 mm do 100 mm veća (ISST,2013)) kako bi izazvala njeno lomljenje, te malo veća od vanjskog promjera nove cijevi kako bi se smanjilo trenje i osigurao prostor za manevriranje. Na stražnju stranu glave za lomljenje spojena je nova cijev, dok je na prednji dio priključen kabel ili šipka za potezanje. Glava se, zajedno s novom cijevi, pokreće s ulazne jame (engl. *insertion pit*), a kabel ili šipka za potezanje povlače se s prihvatne jame (engl. *reception pit*) (slika 18.). Kabel/šipka koji se vuku kroz postojeću cijev, zajedno s konusnim oblikom glave za lomljenje, osiguravaju da glava prati postojeću cijev. [11]



Slika 19. Glava za lomljenje [13]

Veličina cijevi, koje je trenutno moguće zamijeniti *pipe bursting* metodom, kreće se od 50 mm do 900 mm, uz tendenciju povećavanja.

Pipe bursting obično se izvodi na udaljenostima od 90 m do 120 m, što odgovara uobičajenoj udaljenosti između revizijskih okna. Dakako, izvedene su i zamjene cijevi na mnogo dužim dionicama, međutim povećanjem duljine nove cijevi povećava se trenje po plaštu a samim tim i sila potrebna da bi se zamjena uspješno izvela.

Pipe bursting metoda najprikladnija je za zamjenu cijevi izgrađenih od krtih materijala kao što su vitrificirana glina, lijevano željezo, beton, azbest cement ili neke vrste plastike.

Cijevi od duktilnog željeza ili čelika nisu prikladne za ovu metodu, i mogu se zamijeniti jedino metodom *pipe splitting* metodom. To je metoda u suštini identična *pipe bursting* metodi, samo što se kod nje koristi drugačija glava, koja reže i razdvaja postojeću cijev.

Najuobičajeniji materijali od kojih su izgrađene cijevi za zamjenu su High Density Polyethylene (HDPE) i Medium Density Polyethylene (MDPE).

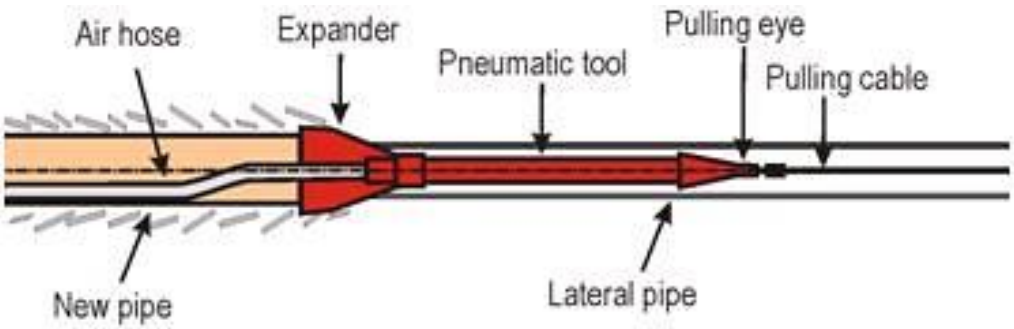
Najprikladnije tlo za *pipe bursting* je tlo srednje zbijenosti, u kojem se prošireni otvor ne urušava odmah po prolasku konusne glave. Manje prikladna tla su tla velike gustoće i jake zbijenosti, tla ispod razine podzemne vode te dilatantna tla.

Tablica 9. Prednosti i mane *pipe bursting* metode

Pipe bursting	
Prednosti	**Mane**
Minimalna količina iskopa i ometanje površinskih aktivnosti	Potrebni su iskopi na krajevima segmenta i mjestima bočnih priključaka
Kontinuirana cijev koja smanjuje infiltraciju, prodor korijenja i hrapavost	Ne može se promijeniti nagib postojeće cijevi
Može se povećati promjer cijevi a tim i hidraulički kapacitet	Potrebna je premosnica (engl. *bypass*) na mjestu izvedbe
Može se koristit i kod gravitacijskog i kod tlačnog sistema	Kod bliskih instalacija ili konstrukcija postoji opasnost od oštećenja (izdizanje kolnika)
Dosta brza izvedba	Nije moguće zamijeniti cijevi nekih vrsta materijala

8.1.2. Pneumatski pipe bursting

Pneumatski *pipe bursting* je najčešće korišteni tip *pipe bursting* metode do danas. Koristi se u većini projekata koji uključuju *pipe bursting* metodu, širom svijeta. Glava za lomljenje kod ove metode zapravo predstavlja „čekić za razmicanje tla“. Pokreće se pomoću kompresiranog zraka a radi brzinom od 180 udaraca/minuti do 580 udaraca/minuti. Proces je u suštini sličan onom kad se zabija čavao u zid, svaki udarac gura čavao sve dublje za određenu duljinu. Glava za lomljenje svakim udarcem stvara sitne pukotine i tako konstantno lomi postojeću cijev. Udarna akcija kombinira se s povlačenjem pomoću kabela koji prolazi kroz postojeću cijev (slika 20.). Pneumatska glava spojena je na zračni kompresor crijevom kroz novu cijev. [11]



Slika 20. Pneumatic pipe bursting [11]

Tipični pneumatski pipe bursting može stvoriti poprilične vibracije na površini. Međutim, malo je vjerojatno da ošteti postojeće bliske konstrukcije bilo na površini bilo pod površinom, osim ako baš ne prolazi neposredno uz njih. **Glava za lomljenje ne bi smjela proći bliže od 0.75 m od podzemnih cijevi i 2.50 m od osjetljivih površinskih konstrukcija.** [11] Ako su udaljenosti ipak manje od ovih potrebno je poduzeti posebne mjere zaštite.

8.1.3. *Pipe bursting* statičkim povlačenjem

Kod sistema sa statičkim povlačenjem, sila za lomljenje postojeće cijevi generira se jedino povlačenjem glave za lomljenje prema naprijed. Glava se vuče pomoću niza montažnih šipki ili kabela preko koloture, kroz postojeću cijev. Vlačna sila koja se prenosi na glavu je prilično velika. Glava tu horizontalnu silu pretvara u radijalnu kojom lomi postojeću cijev i osigurava prostor za novu.

Ako se niz montažnih šipki koristi za povlačenje, proces se odvija u uzastopnim sekvencama. Niz šipki se montira tako da prođe kroz postojeću cijev do mjesta ulaza glave gdje se spoji na nju. U svakoj sekvenci za vrijeme procesa, hidraulička jedinica sa mjesta prijema povlači šipke za dužinu jedne šipke (slika 21.). Šipke se uklanjaju nakon što prođu kroz hidrauličku jedinicu.

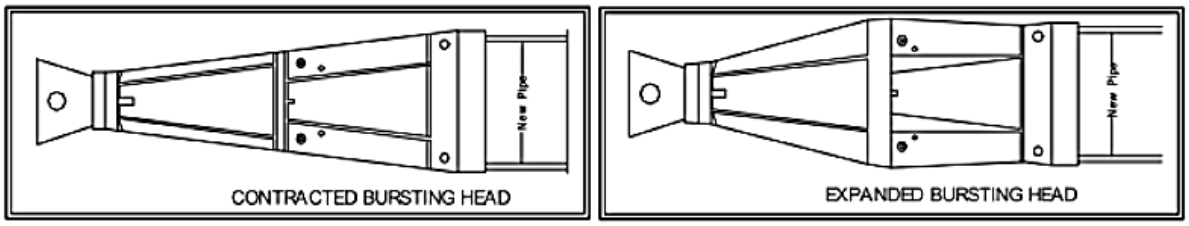
Ako se za povlačenje koristi kabel i kolotura, povlačenje može biti kontinuirano. Obično, niz montažnih šipki može prenijeti znatno veće sile od kabela.



Slika 21. Hidraulična jedinica za povlačenje niza montažnih šipki [12]

8.1.4. Pipe bursting hidrauličkom ekspanzijom

Kod sistema sa hidrauličkom ekspanzijom, proces napreduje sa mjesta ulaza do mjesta izlaza u sekvencama koje se ponavljaju sve dok se zamjena ne provede cijelom dužinom postojeće cijevi. U svakoj sekvenci, segment postojeće cijevi duljine glave za lomljenje, zamjeni se kroz dva koraka: prvo se glava za lomljenje povuče kroz postojeću cijev za duljinu segmenta, a zatim se pomoću hidrauličkog pritiska glava ekspandira po duljini da bi slomila postojeću cijev (slika 22.).

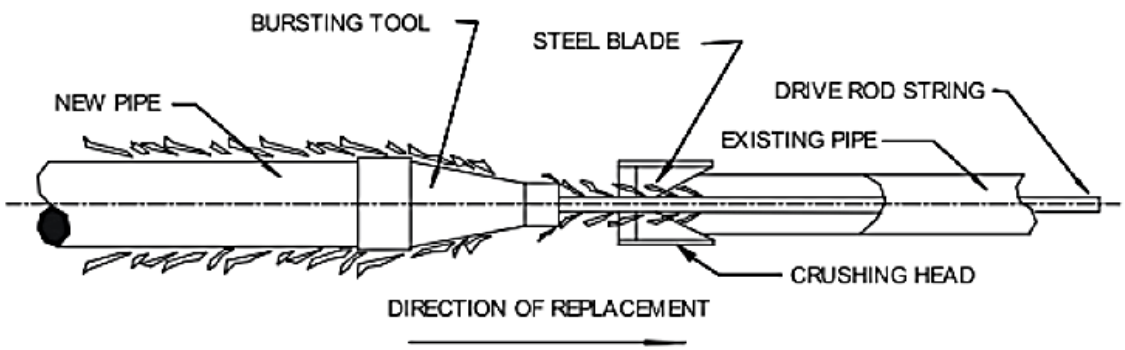


Slika 22. Hidraulička ekspanzija glave za lomljenje [11]

Glava za lomljenje povlači se naprijed pomoću kabela i koloture na isti način kao kod prethodnih metoda. Na stražnju stranu glave za lomljenje pričvršćena je nova cijev kroz koju prolazi spoj s hidraulikom koja omogućuje ekspanziju i kontrakciju.

8.1.5. Pipe implosion

Ova metoda je dosta slična metodi *pipe bursting*, i može se smatrati njenom podmetodom. Proces se sastoji od dva koraka: u prvom koraku se cijev lomi prema unutra, a u drugom koraku se lomljeni materijal razmiče prolaskom konusne glave koja za sobom vuče novu cijev. Kod ove metode osim standardne glave za lomljenje, kao kod *pipe bursting* metode, postoji prednji cilindrični alat oblikovan tako da lomi postojeću cijev prema unutra, odnosno prema svom centru (slika 23.). Ova metoda se može koristiti jedino za krte materijale poput betona i azbest cementa.



Slika 23. *Pipe implosion and crushing* metoda [11]

8.1.6. Pipe eating

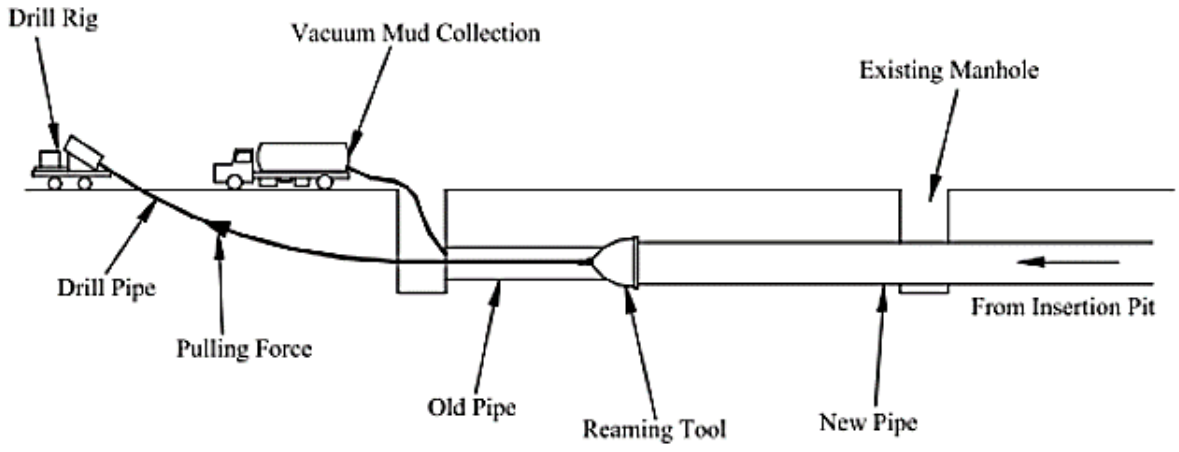
Sistem *pipe eating* metode dizajniran je tako da prolazi kroz postojeću cijev, drobi je, dok istodobno uvlači novu cijev u izbušeni prostor (slika 24.). Zdrobljeni dijelovi cijevi pomiješani sa zemljom izvlače se van, kao gusta suspenzija. Metoda se vodi daljinskim upravljanjem, a glava može biti laserski navođena. Postrojenje za potiskivanje nalazi se na početnoj lokaciji i osigurava potrebnu silu potiskivanja koja se prenosi kroz novu cijev do zaštitnog djela i alata za bušenje. Glavna prednost ove metode je da je stara cijev u potpunosti uklonjena a nova cijev precizno ugrađena.



Slika 24. Alat za *pipe eating* metodu [15]

8.1.7. Pipe reaming

Pipe reaming metoda, slična je *pipe eating* metodi u tome što uključuje drobljenje postojeće cijevi i izvlačenje drobljenog materijala van. Ova metoda primjerenija je za korištenje u tvrđim i zbijenim tlima te stijeni. Kod pipe reaming metode, stroj za bušenje povlači alat kroz postojeću cijev, drobeći je, dok alat za sobom povlači novu cijev na mjesto ugradbe (slika 25.).



Slika 25. *Pipe reaming* metoda [11]

8.2. Bezrovovske metode sanacije cjevovoda

Ove metode u suštini imaju za cilj sanirati postojeće cijevi „*in situ"* bez njihove zamjene. Prikladne su za sprječavanje dodatnog pogoršanja stanja postojećih cjevovoda ili infiltracije i eksfiltracije. Mogu a i ne moraju utjecati na konstruktivnu nosivost cijevi.

Bezrovovske metode sanacije cjevovoda koje se koriste u svijetu su:

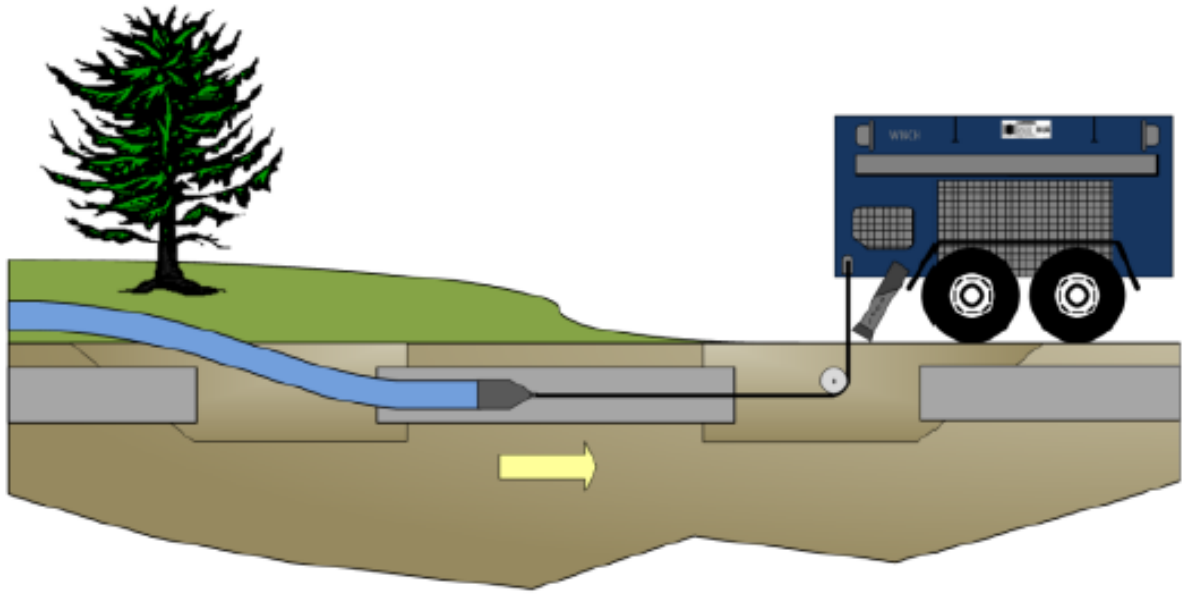
1. *slip lining*
2. *close-fit lining*
3. *cured-in-place piping*
4. *spiral wound plastic liners*

Postoji još niz metoda i podmetoda koje su prikladne za određene potrebe, nabrojiti ih sve teško je i gotovo nemoguće, jer kako tehnologija konstantno napreduje tako na tržište konstantno dolaze nove metode. Neke od novih metode izvedene su iz postojećih tehnologija, kao modifikacije, dok neke primjenjuju u potpunosti nove tehnologije. Također, teško je točno definirati problem za korištenje određene metode sanacije, jer se pojedine metode mogu koristit za više vrsta problema. Navedene metode ukratko će se opisati u nastavku.

8.2.1. Slip lining

Slip lining vjerojatno je najstarija od svi bezrovovskih metoda. Uključuje umetanje nove cijevi u postojeću. U idealnim uvjetima, *slip lining* je ujedno i najjednostavnija bezrovovska metoda. Nova cijev, čiji je vanjski promjer manji od unutarnjeg promjera postojeće cijevi, povlači se ili gura u postojeću cijev. Idealna postojeća cijev za primjenu *slip lining* metode je ravna i bez deformacija, dakle, bez ili uz vrlo malo savijanja, bez značajnih isturenja unutar cijevi i uz srednje neslaganje na spojevima cijevi. *Slip lining* može se izvoditi s kontinuiranom cijevi ili u dijelovima (engl. *segmental slip linig*).

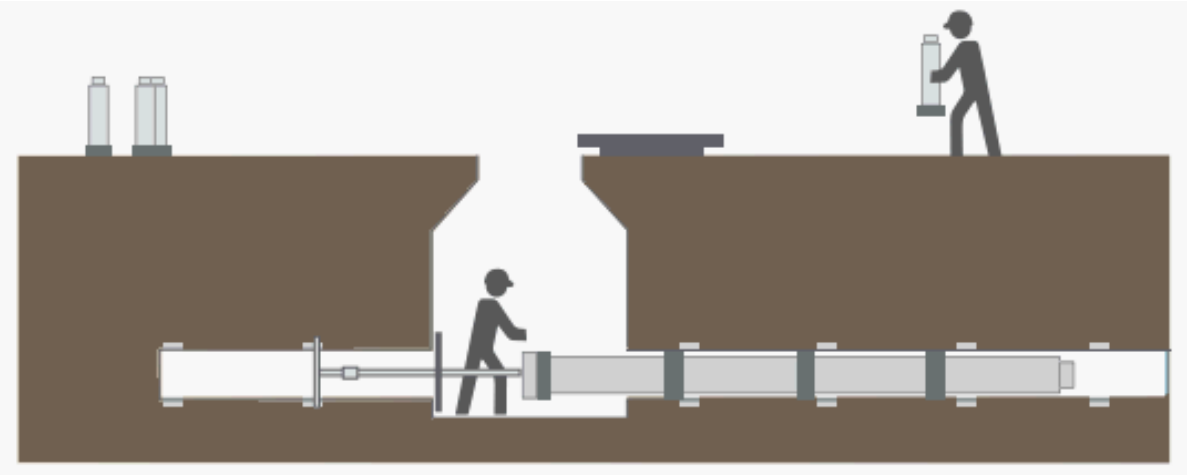
Kada se izvodi *slip lining* metoda s kontinuiranom cijevi, kod okruglih cijevi manjih promjera (<15cm), najuobičajenija je primjena poli etilenskih (HDPE i PE) i polivinil kloridnih (PVC) cijevi. Nova cijev položi se na tlo a zatim se povlači kroz iskopanu jamu u postojeću cijev. *Pomoću* koloture, nova cijev se provuče kroz postojeću sve do izlazne točke, koja može biti i revizijsko okno (slika 26.).



Slika 26. Shematski prikaz *slip lining* metode [11]

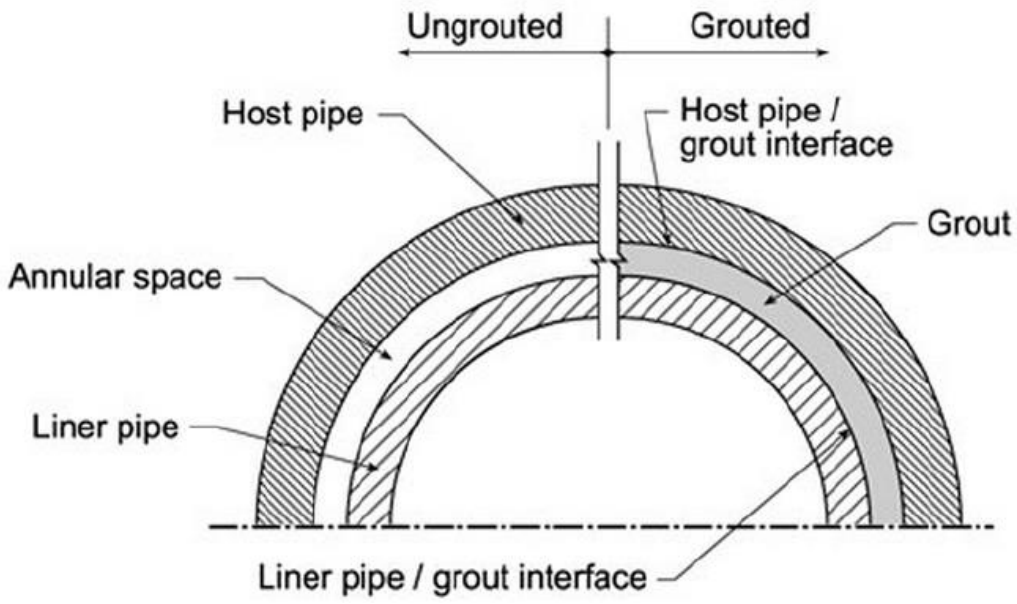
U većini slučajeva kod izvođenja *slip lining* metode, revizijsko okno ne može poslužiti kao odgovarajuće mjesto umetanja nove cijevi, te je potrebno iskopati jamu. Zbog toga, *slip lining* nije u potpunosti bezrovovska metoda. Ipak, potrebni iskopi značajno su manji nego kod tradicionalne metode.

U situacijama kada je prostor za polaganje kontinuirane cijevi po tlu ograničen, HDPE, PE i PVC cijev mogu se ugrađivati u dijelovima i zatim spajati posebnom tehnologijom (engl. *butt-fused*) za vrijeme ugradnje (slika 27.). Cijev sastavljena od segmenata može se hidraulički utiskivati ili rjeđe, vući pomoću koloture.



Slika 27. Segmental slip lining [16]

Nakon što je nova cijev ugrađena, prostor između nove i stare cijevi se zapunjava malterom (engl. *grouting*). Malter služi isključivo da učvrsti novu cijev i da prenese opterećenje sa postojeće cijevi (slika 28.). Isto tako, malter povezuje staru i novu cijev u kompozitnu cjelinu povećavajući debljinu stjenke i otpornost cijevi. Ako prostor nije zapunjen, ne smatra se da se utjecalo na konstruktivna svojstva postojeće cijevi. Pravilan izbor i ugradba maltera često je najzahtjevniji dio izvođenja *slip lining* metode. Malteri koji služe samo za učvršćivanje cijevi su slabijih čvrstoća i veće viskoznosti, za razliku od maltera koji imaju konstruktivnu svrhu i postižu veće tlačne čvrstoće.



Slika 28. Presjek cijevi kod izvođenja *slip lining* metode [11]

Sile koje se pojavljuju za vrijeme injektiranja maltera potrebno je kontrolirati te spriječiti da pod njihovim utjecajem ne dođe do oštećenja ili pomaka nove cijevi.

Smanjenje promjera cijevi kod ove metode može biti značajno, posebno ako se koriste cijevi komercijalno dostupnih promjera ili ako veličina mora biti dodatno smanjena radi deformacija i pomaka na spojevima postojećih cijevi. Zbog tih ograničenja ovu metodu sve više potiskuje metoda *close-fit lining*, ali u određenim situacijama ipak može predstavljati najbolji izbor.

Tablica 10. Prednosti i mane *slip lining* metode

Slip lining	
Prednosti	**Mane**
Općenito, vrlo povoljna metoda obnove.	Ugrađena nova cijev ima manji promjer od stare.
Primjerena za većinu vrsta i promjera cijevi.	Na mjestu umetanja cijev potrebni su iskopi.
Jednostavna, brza i laka ugradba a oprema i alat za ugradbu lako dostupni	Na mjestima priključaka potrebni su iskopi.
Izvedba u dijelovima može ne zahtijevati zaobilazno tečenje.	Kada se izvodi kontinuirano zahtjeva zaobilazno tečenje.

8.2.2. Close-fit lining

Close-fit lining je pojam koji objedinjuje nekoliko tipova obnove cjevovoda, u kojima je poprečni presjek nove kontinuirane cijevi privremeno deformiran prije umetanja u postojeću cijev. Nakon umetanja poprečni presjek nove kontinuirane cijevi vraća se u originalni oblik i promjer, formirajući tijesnu vezu (engl. *close fit*) sa postojećom cijevi.

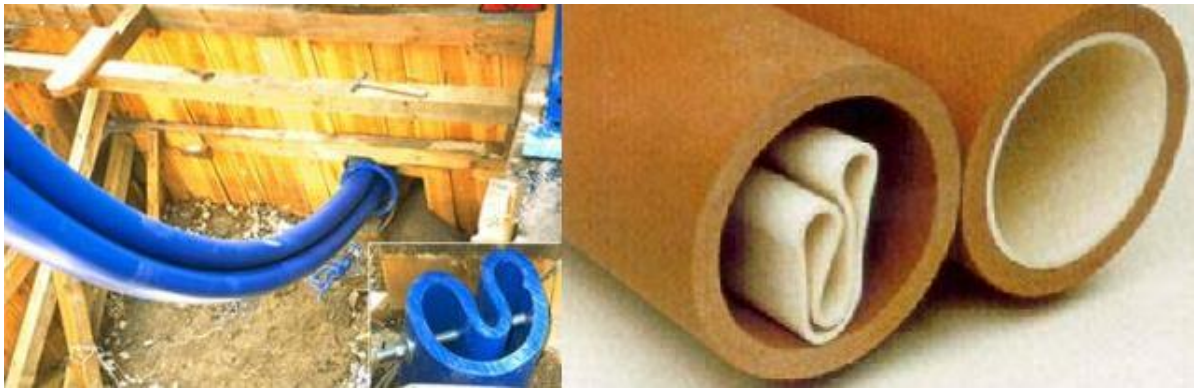
Cijev se deformira ili smanjenjem promjera ili promjenom oblika. Za to postići, cijev se ili provlači kroz sužavajuće kalupe ili valjke, ili se presavija bilo na terenu ili u tvornici. Nakon umetanja u postojeću cijev deformirana cijev se vraća u originalni oblik, bilo prirodnom relaksacijom ili tlačenjem parom ili vodom. Svaki od tipova *close-fit lining* metode koristi različite načine deformiranja cijevi i vraćanja u originalni oblik.

Close-fit lining metoda izvodi se na sličan način kao kontinuirana *slip lining* metoda, ipak *close-fit lining* metoda ima nekoliko prednosti. Na primjer, tijesna veza nove cijevi sa starom znači da je ukupni promjer nove cijevi veći nego što bi bio kod *slip lining* metode. Rezultat toga je veći hidraulički kapacitet. Deformacija cijevi kod *close-fit lining* metode smanjuje trenje pri ugradnji, pa ju je moguće izvoditi na većim dužinama, jednim povlačenjem. To rezultira bržom ugradnjom.

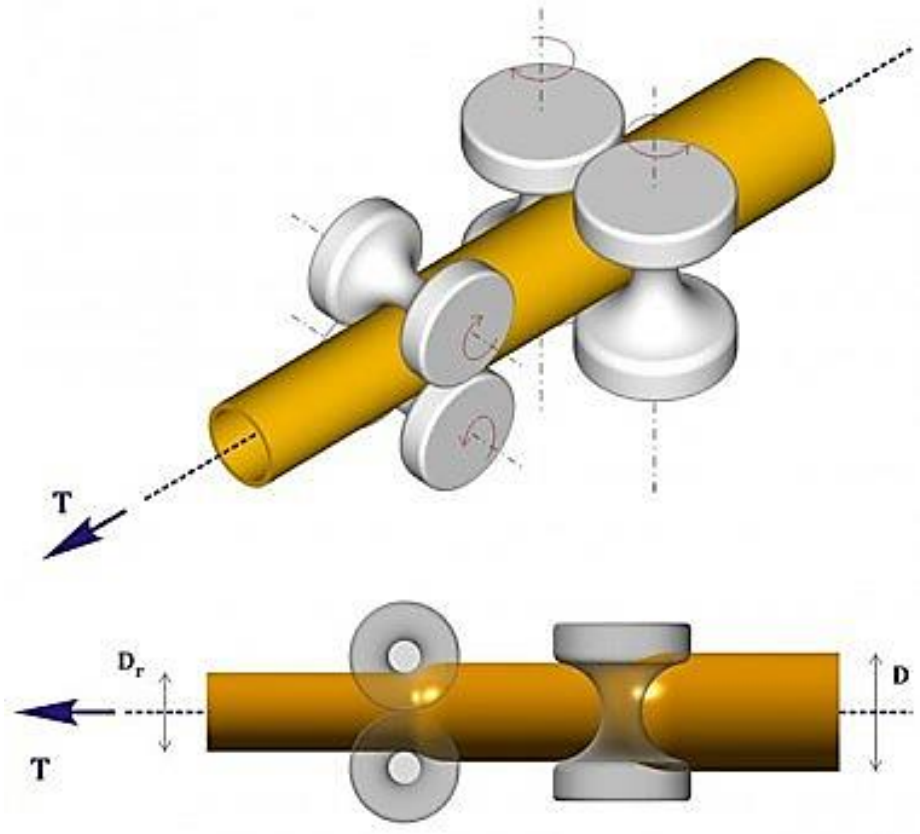
Close-fit lining metodu moguće je izvoditi isključivo s termoplastičnim materijalima cijevi, a moguće je koristiti kod gotovo svih materijala postojećih cijevi. Također, mogu se ugrađivati cijevi koje utječu na nosivost ili one koje ne utječu na nosivost postojeće cijevi.

Različiti tipovi *close-fit lining* metode su (neće se posebno opisivati svaki tip):

- Deformed pie (slika 29.)
- Die drawing
- Rolldown (slika 30.)



Slika 29. *Close-fit lining (Deformed pipe)* metoda s presavijenjem cijevi [18]



Slika 30. Valjci za izazivanje uzdužne deformacije i smanjenje promjera cijevi (Rolldown) [17]

Cured-in-place piping (CIPP) je vjerojatno najpouzdanija metoda obnove cjevovoda. Na široko se koristila u Europi i Americi proteklih 30 godina. Njen proces se sastoji od umetanja

nove savitljive poliesterske cijevi u istrošenu postojeću cijev, nakon čega se ona stvrdnjava u mjestu (engl. *curing in place*) (slika 31.).

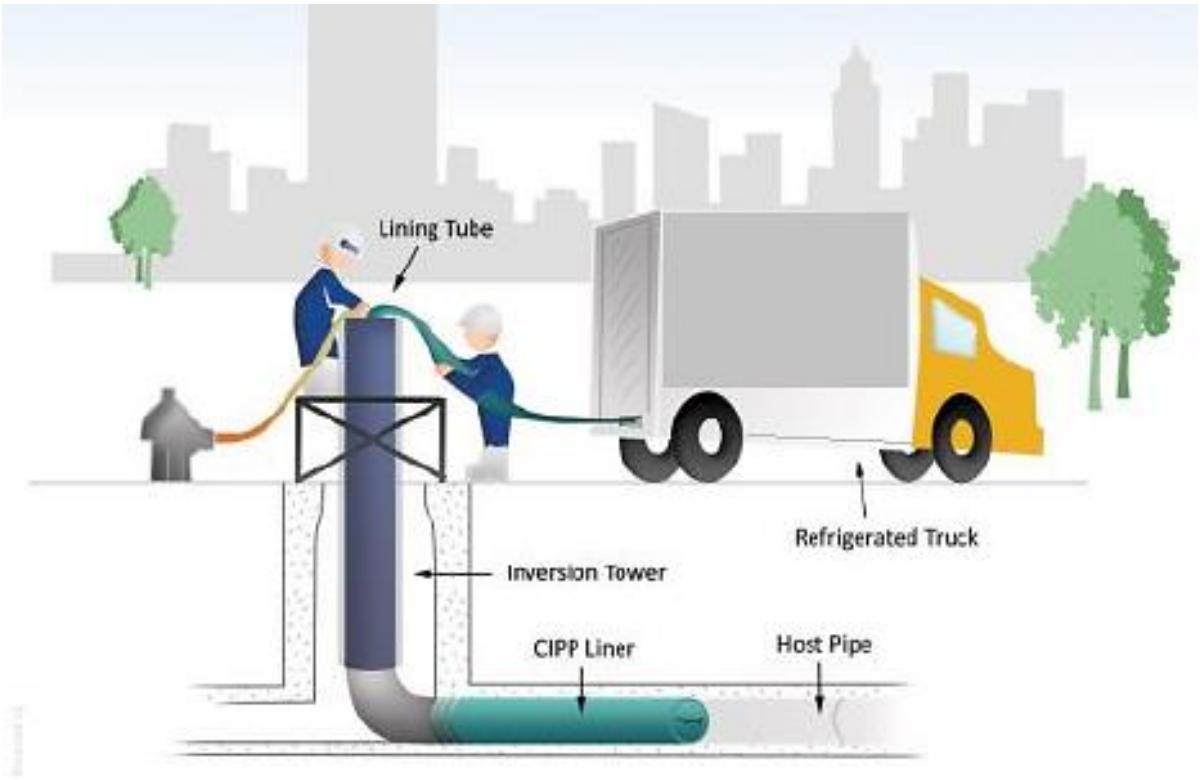


Slika 31. Primjer cijevi obnovljene CIPP metodom [11]

CIPP metoda može se koristiti za cijevi promjera od 100 mm do 2 700 mm (ISST, 2013). Može se primijeniti na široki spektar cijevi za različite namjene. Općenito, cijev koja se obnavlja ovom metodom, mora imati zadržan kružni oblik. Ovalni i pravokutni oblici cijevi također se mogu obnavljati CIPP metodom, ali moraju biti unaprijed poznati da bi se obloga pripremila za njih. [11]

Prije nego oblaganje počne, unutrašnjost cijevi treba se pripremiti. Bočni priključci moraju se ukloniti (začepiti) a bilo kakve značajnije štete moraju se podvrći lokalnim popravcima. Unutrašnjost cijevi mora se temeljito očistiti odnosno moraju se ukloniti krhotine, prljavština i naslage.

Cijev koja je zasićena smolom a ispletena od poliesterske tkanine, tkanine od fibreglass-a ili mnogih drugih materijala koji su prikladni za impregnaciju smolom, izvrće se pomoću tlaka ili uvlači u postojeću cijev koja se želi obnoviti (slika 32.). Postupak se obično se izvodi s uzvodne pristupne točke (revizijskog okna ili iskopa) prema nizvodnoj točki prihvata. Prije ugradnje impregnirana cijev (obloga) čuva se i transportira u hladnjači da bi se zadržala stabilnost smole. Nakon što je obloga provučena kroz postojeću cijev, na duljini koja se želi sanirati, smola se aktivira primjenom pare ili vruće vode. Smola se zatim stvrdne formirajući novu cijev unutar postojeće (slika 31.).

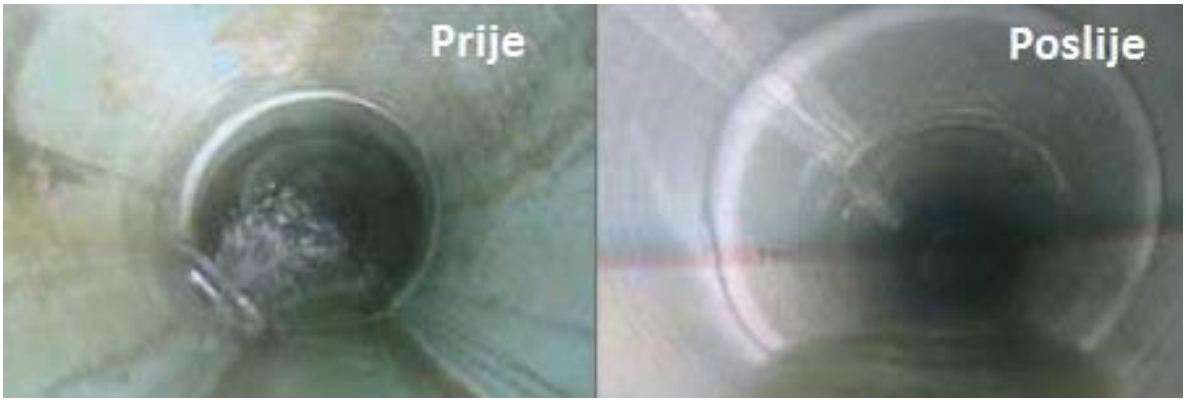


Slika 32. Proces CIPP metode [11]

Obloga može biti projektirana tako da ima značajnu debljinu i kada se stvrdne unutar postojeće cijevi, utječe na njena konstruktivna svojstva te omogućava prihvat dodatnih opterećenja (promet, tlo, podzemna voda, tlak u cjevi, itd.).



Slika 33. Poliesterska ispletena cijev [11]



Slika 34. Spriječena infiltracija u cijev nakon primjene CIPP metode obnove [11]

Nakon što je postupak završen, pomoću posebne opreme (robota) buše se prethodno uklonjeni priključci, te se ponovno vrši unutrašnji pregled (CCTV kamerom) da bi se utvrdilo je li postupak ispravno proveden. Po potrebi se mogu vršiti i dodatna ispitivanja nove cijevi da bi utvrdilo da li cijev zadovoljava tražene kriterije.

CIPP metoda ne može se primijeniti kada je bilo jedna od sljedećih tvrdnji točna: postojeća cijev je na nekoliko mjesta oštećena i izgubila je ovalni oblik, postojeća cijev ima dijelove koji su se urušili narušavajući njen oblik, kapacitet cijevi treba se povećati, uporaba cijevi izazvat će kemijsku reakciju i trošiti cijev, kroz cijev će prolaziti tekućina abnormalno visoke temperature. [11]

Do danas se razvilo se nekoliko varijacija CIPP metode, kako tehnologija i materijali napreduju, ali u suštini sve se svode na prethodno opisano.

Tablica 11. Prednosti i mane CIPP metode

Cured-in-place pipe lining	
Prednosti	**Mane**
U potpunosti bezrovovska metoda, jer se u većini slučajeva za ugradbu koriste revizijska okna.	Obloge se proizvode posebno za svaki projekt.
Relativno brza izvedba.	Postojeća cijev zahtjeva detaljan pregled, čišćenje i pripremu dok je prepreke u cijevima potrebno ukloniti, najčešće iskopima.
Moguća je primjena i kod zavojitih cijevi.	Kod cijevi promjera ispod 100 mm i iznad 600 mm znaju se pojaviti velike poteškoće.
Bočni priključci također ne zahtijevaju kopanje, već se mogu izvesti pomoću posebne opreme.	Potrebna je premosnica, jer metodu nije moguće izvoditi za vrijeme dok u cijevima ima toka.
Smanjuje se hrapavost u cijevi i nema spojeva, već je cijev kontinuirana.	Stvrdnjavanje može trajati od 1 h do 30 h ovisno o promjeru i načinu (para, voda, uv zrake), a sve vrijeme potrebno je pomno praćenje. Po završetku, potrebo je provesti ispitivanje cijevi.
Nema opasnosti od oštećivanja okolne infrastrukture (struja, voda, optički kablovi i sl.)	Dosta visoki izravni troškovi

8.2.3. Spiral wound plastic liners

Tvornički proizvedene trake od PVC-a ili HDPE-a, namotane na kalem koji se nalazi na površini, navijaju se u postojeću cijev preko posebnog uređaja. Uređaj se vrti i na taj način uzrokuje da se rubovi traka međusobno fiksiraju, što stvara nepropusnu, tijesno ugrađenu oblogu. Obloga se ugrađuje na terenu kroz revizijsko okno ili ulaznu jamu. Vrtnja, odnosno navijanje omogućuje da obloga napreduje u cijev. Po potrebi prostor između obloge i postojeće cijevi može se zapuniti malterom, kako bi se obloga učvrstila na mjesto i osigurala dodatna konstruktivna nosivost. Mjesta bočnih spojeva izmjere se prije postavljanja da bi se nakon ugradnje obloge ponovno postavili. Ova metoda ima prednost što se može izvoditi za vrijeme normalnog funkcioniranja sustava, odnosno ne zahtijeva zaobilazno tečenje. Kao i kod ostalih metoda ove vrste, postojeća cijev treba imati odgovarajuća svojstva te se treba dodatno pripremiti.

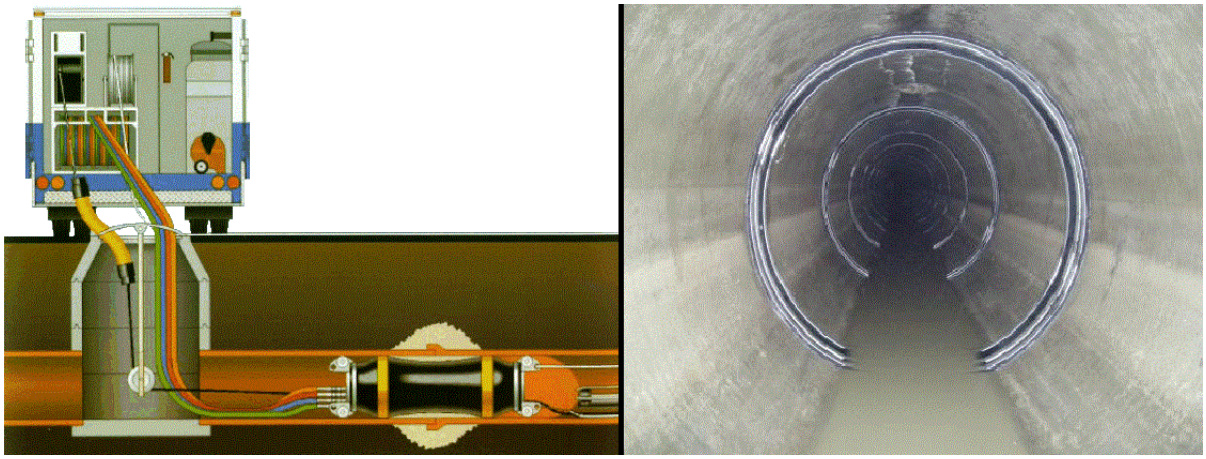
Uređaj za navijanje može biti stacioniran u revizijskom oknu ili ulaznoj jami, u liniji cijevi, a kod velikih promjera cijevi moguće je i da putuje kroz nju.



Slika 35. Spiral wound plastic liners [11]

8.2.4. Metode sanacije određenih dijelova cjevovoda

Važno je još spomenuti da osim sanacije kompletnih cjevovoda postoje sanacije određenih dijelova (pukotina, spojeva). Sanacija određenih dijelova (engl. point repair) moguća je ako je konstruktivno stanje cjevovoda relativno dobro te se problemi pojavljuju na nekoliko lokaliziranih mjesta, odnosno kada nema potrebe za sanacijom kompletnog cjevovoda a ipak se želi sanirati problem. Sanacije pojedinih dijelova moguće je, naravno, izvesti korištenjem tradicionalne metode iskopom, ali isto tako mogu se upotrijebiti neke bezrovovske metode na pojedinim problematičnim dijelovima. Ako je problem na spojevima, postoje metode sanacije posebno za tu namjenu. Neke od metoda za sanaciju određenih dijelova su: kemijsko injektiranje (engl. chemical grouting) i mehaničko začepljivanje spojeva (engl. mechanical joint seal) (slika 36.). Neke od ovih metoda mogu se primijeniti samo kod većih promjera cijevi gdje je pristup čovjeku moguć. Za potrebe ovog rada, navedene metode, neće se opisivati.



Slika 36. Kemijsko injektiranje (lijevo) i mehaničko začepljivanje spojeva (desno) [11]

9. BEZROVOVSKA TEHNOLOGIJA U HRVATSKOJ

U pogledu primjene bezrovovske tehnologije, Republika Hrvatska dosta zaostaje za razvijenim zemljama. To se može opravdati potrebom za skupim ulaganjima u opremu i materijale za njenu izvedbu te edukaciju radnika, na što dosta tvrtki u državi trenutno nije spremno. Također, tu je i skeptičnost investitora prema novim tehnologijama koje se još nisu dokazale na ovim prostorima, tako da su ulaganja u ovu tehnologiju upitna. Još jedan bitan razlog stoji u tome, da su bezrovovske tehnologije direktnom cijenom, u većini slučajeva, skuplje od tradicionalne metode. Međutim, ako se sagledaju indirektni i ostali troškovi, lako se može zaključiti da su bezrovovske tehnologije itekako konkurentne na tržištu. Više o troškovima obradit će se u posebnom poglavlju.

Pregledom internetskih oglasa i stranica, pronađeno je nekoliko tvrtki koje pružaju usluge bezrovovske tehnologije u obnovi cjevovoda odvodnje u Hrvatskoj. Većina njih vezana je za metodu *„cured-in-place piping“*, dok manjina nudi širi spektar metoda (*pipe bursting, slip lining, close-fit-lining).* Pretpostavkom da u današnje vrijeme sve ozbiljnije tvrtke nude svoje usluge preko interneta, ovi podaci bi trebali biti prilično objektivni, iako ih treba uzeti sa rezervom.

Iako postoji relativno mali broj tvrtki koje su se odlučile ulagati u bezrovovsku tehnologiju u Hrvatskoj, neke od njih su se dobro specijalizirale, te su iza sebe ostavile dobre rezultate. Bezrovovska tehnologija u Hrvatskoj donedavno je imala primjenu uglavnom za obnovu teško dostupnih cjevovoda, koji prolaze ispod važnih prometnica i objekata, željezničkih pruga itd., odnosno u slučaju kada predstavlja „jednostavnije rješenje“. Tek u novije vrijeme, neki gradovi i tehnološka postrojenja u Hrvatskoj, skloniji inovativnim tehnologijama, prepoznali su prednosti bezrovovske tehnologije te je primijenili pri obnovi vlastitih cjevovoda odvodnje. Na taj se način pruža prilika izvođačima da se dokažu, i ostave pozitivnu sliku ove tehnologije u državi, što će zasigurno privući i ostale investitore da razmisle o njenoj primjeni. Za očekivati je i da će strane tvrtke, koje su se već izgradile na svjetskom tržištu u primjeni ove tehnologije, otvarati podružnice ili sklapati partnerstva u Hrvatskoj. Takvih primjera već se može naći i to će zasigurno dodatno ubrzati razvoj bezrovovske tehnologije u Hrvatskoj.

Dakle, iako je bezrovovska tehnologija u Hrvatskoj još uvijek na svojim početcima i njene prednosti još uvijek nisu u potpunosti izišle na vidjelo, sigurno je da će u dogledno vrijeme izboriti svoje mjesto na hrvatskom tržištu.

10. KRITERIJI KOJE JE POTREBNO RAZMOTRITI PRI ODABIRU METODE OBNOVE

Obnavljanje ostarjelih podzemnih infrastruktura je veliki izazov s kojim se gradske vlasti u gotovom svakom gradu na svijetu moraju suočiti. Tradicionalna metoda iskopavanjem, ima najširu primjenu u obnovi podzemnih cjevovoda. Njeno korištenje preferira se na područjima gdje se obavljaju građevinski zahvati, područjima s problematičnim tlom i podzemnom vodom. Međutim, kod tradicionalne metode se, kao što je već rečeno, obično pojavljuju duga razdoblja prekida usluge, povećanje troškova zbog potrebne ljudske radne snage i iskopavanja kao i troškovi zatrpavanja.

Bezrovovske tehnologije koriste inovativne metode, materijale, i opremu koja zahtjeva minimalno iskopavanje u svrhu obnavljanja ostarjelih podzemnih infrastruktura. One pružaju primamljivu alternativu tradicionalnoj metodi, baš radi minimalnog ometanja iskorištavanja površinskog prostora. Međutim, izravni troškovi bezrovovskih metoda većinom su viši od troškova tradicionalne metode, a postoje i određena ograničenja zbog posebnih uvjeta koji trebaju biti zadovoljeni.

Uz izravne i neizravne troškovi, koji obično snose najveći dio ukupnog troška projekta, u novije vrijeme sve više se pažnje posvećuje i društvenim i ekološkim troškovima odnosno utjecaju na društvo i okoliš. Stoga je, prije odabira metode obnove potrebno definirati sve kriterije koji mogu utjecati na njen odabir kao i troškove povezane s tim kriterijima.

10.1. Kriteriji vezani za projektiranje i izvođenje

Kriterij vezani za projektiranje i izvođenje okosnica su odabira metode obnove. Njih bi trebalo definirati prije početka samog projekta u najboljem interesu sigurnosti, učinkovitosti, izvodljivosti i troška. Drugim riječima, treba dati odgovor na pitanje: „Da li je projekt opće moguće izvesti na željeni način?“. Da bi se mogao dati odgovor na to pitanje, odnosno da bi se definirali svi bitni kriteriji, potrebni su inženjeri sa širokim znanjem i iskustvom, posebno ako se promatraju bezrovovske metode. Uz to svaki projekt je poseban i treba ga promatrati kao takvog, te za njega definirati sve kriterije koji će utjecati na konačni ishod projekta. Ovo nije nimalo lak zadatak i da bi se uspješno proveo zahtjeva organizaciju, timski rad te vješte, kreativne i sposobne inženjere koji su ukorak s vremenom.

10.1.1. Postojeće stanje sustava

Naravno da prije svakog plana obnove treba detaljno analizirati postojeće stanje. Analizom postojećeg stanja treba definirati problematične dijelove, a zatim odgovoriti na pitanje: „Koje je od tih dijelova sustava moguće sanirati, a koje je potrebno rekonstruirati/zamijeniti?“. Odgovor na to pitanje pružit će generalnu selekciju metoda obnove koje je moguće koristiti za pojedine dijelove. Generalno se može reći, da se kod dijelova gdje je potrebna kompletna rekonstrukcija sustava obično koristi tradicionalna metoda iskopima, a kod dijelova koji ne zahtijevaju značajne preinake u sustavu može se razmisliti o korištenju bezrovovskih metoda obnove.

10.1.2. Postojeće cijevi

Postojeće cijevi bitna su stavka kod obnove bezrovovskim metodama. Naime, za odabrati prikladnu bezrovovsku metodu obnove, o postojećim cijevima mora se znati:

- Materijal;
- Dimenzije;
- Dubina na kojoj se nalaze; i
- Trenutno stanje

Materijal postojeće cijevi je posebno bitan kod bezrovovskih metoda zamjene, odnosno ako se cijev razbija ili se kroz nju buši. Svaka metoda primjerena je za određene materijale, kako je već prikazano u opisu metoda. Kod bezrovovskih metoda, kako je važan materijal postojeće cijevi tako je važan i materijal cijevi koja se ugrađuje da se spriječe moguća oštećenja.

Dimenzije postojećih cijevi potrebno je znati kako bi se prilagodio alat za izvedbu i odredile dimenzije novih cijevi. Isto tako, treba voditi računa i o traženoj (projektiranoj) dimenziji nove cijevi u odnosu na postojeću cijev. Kod značajnog povećanja dimenzija cijevi treba posebno biti oprezan, pogotovo ako se radi o većim promjerima, jer može doći do niza posljedica. Neke bezrovovske metode lakše je izvoditi kod većih promjera cijevi, npr. kod *pipe bursting* metode, zbog toga jer veća cijev lakše puca.

Dubina na kojoj se nalaze cijevi, važna je i kod tradicionalne metode kao i kod nekih bezrovovskih metoda. Kod tradicionalne metode s dubinom cijevi povećava se količina iskopa, što značajno utječe na troškove. Kod određenih bezrovovskih metoda, dubina cijevi utječe na ekspanziju okolnog tla, o čeme je već bilo govora. Kod tih metoda (npr. *pipe bursting*) posebno je opasno ako se cijevi nazale plitko, da ne dođe do izdizanja tla na površini.

Trenutno stanje cijevi je potrebno procijeniti prije bilo kakve obnove, da bi se utvrdilo je li ona opće potrebna. Ako trenutno stanje cijevi ne zadovoljava tražene kriterije i zahtjeva obnovu, treba utvrditi imaju li cijevi konstruktivna svojstva i u kojoj mjeri. Ako se utvrdi da cijevi imaju tražena konstruktivna svojstva, moguće je primijeniti bezrovovske metode sanacije. Ako cijevi ipak nemaju tražena konstruktivna svojstva, mogu se primijeniti bezrovovske metode zamjene ili tradicionalna metoda iskopom. Tradicionalnu metodu iskopima moguće je, naravno, primijeniti u svim slučajevima stanja cijevi. Bezrovovske metode zamjene moguće je primijeniti u gotovo svim slučajevima stanja cijevi, dok se za bezrovovske metode sanacije ipak traži da postojeće cijevi imaju određena konstruktivna svojstva tj. da nisu previše oštećene.

10.1.1. Broj priključaka

Broj priključaka spojenih na cjevovode koji zahtijevaju obnovu može igrati ključnu ulogu u odabiru metode obnove. Pod tim se misli da je i kod primjene većine bezrovovskih metoda obnove na mjestima priključaka potrebno vršiti iskope. Dakle, pravilo je, što je veći broj priključaka na cjevovod koji se obnavlja, to više ide u prilog tradicionalnoj metodi iskopom kao najekonomičnijoj opciji.

10.1.2. Geotehnička istraživanja

Geotehnička istraživanja u pravilu bi trebalo provoditi kod metoda obnove koje uključuju bušenje kroz cijev i okolno tlo, te kod metoda ugradnje cjevovoda na novim trasama koje nisu predmet ovog rada. Ovakva istraživanja, za navedene potrebe, u praksi se rijetko provode. Njihovo provođenje iziskuje znatna financija sredstva, a dobivene informacije često nisu, u traženoj mjeri, pouzdane i korisne.

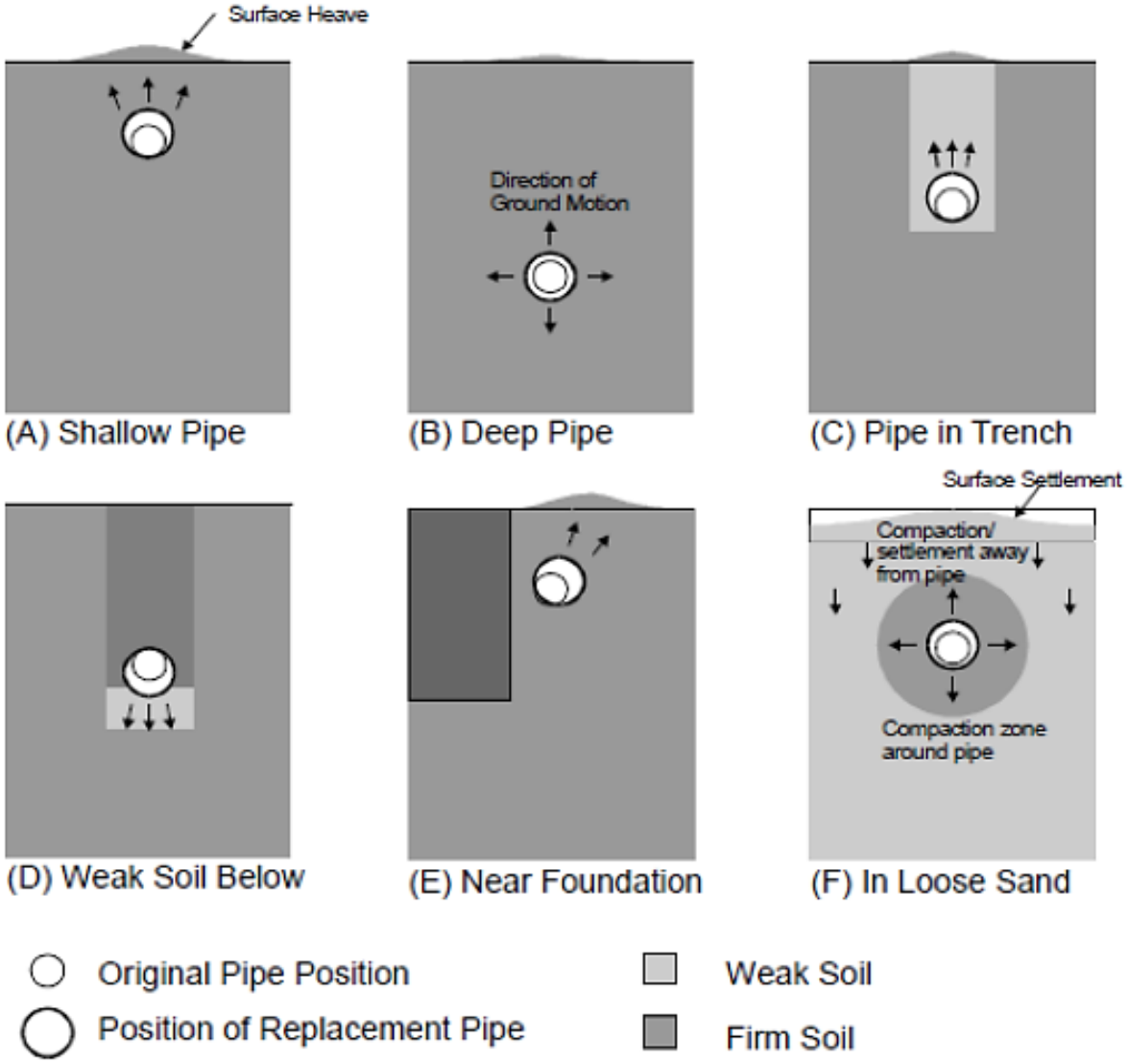
10.1.3. Dostupnost metoda obnove

Dostupnost metoda obnove također je važan čimbenik, pogotovo zbog toga što je u Hrvatskoj bezrovovska tehnologija još relativno nova stvar, te je mali broj metoda dostupan. Dostupnost metoda treba uzeti u obzir u početnim fazama projekta kako bi se suzio izbor samo na one metode koje dostupne na lokalnoj razini.

10.1.4. Stanje tla i površine

Utjecaj različitih bezrovovskih metoda na okolno tlo još je tema koja se izučava. Vjerojatno je najvažnije zapažanje, kod zamjene cijevi bezrovovskim metodama koje

povećavaju njen promjer, deformacija tla (slika 37.). Kod takvih metoda izvedbe, potrebno je analizirati stanje tla i površine te metodu izvoditi uz dosta pažnje, posebno ako se cijevi nalaze plitko.



Slika 37. Mogući utjecaj zamjene cijevi bezrovovskim metodama na okolno tlo [11]

10.1.5. Podzemna voda

Podzemna voda otežava radove, kako kod tradicionalne metode kopanjem tako i kod bezrovovskih metoda (posebno *pipe bursting*). U saturiranim tlima, kod korištenja *pipe bursting* metode, moguća je opasnost od likvefakcije.

10.1.6. Pristup

Kada se radi o obnovi tradicionalnom metodom, postavljaju se pitanja: „Da li je moguće dovesti potrebnu mehanizaciju?“, „Da li je prostor za manevriranje dovoljan?“, „Da li je pristup cijevima nesmetan?“ itd.

Kada se radi o obnovi bezrovovskim metodama, potrebno je provjeriti pristup i stanje revizijskih okana, te da li je moguće njih koristit pri izvedbi. Isto tako, ako se rade iskopi početnih i/ili završih jama npr. kod *pipe bursting* metode, treba ih raditi tako da se njihov broj svede na minimum, a da duljina zamjene bude što je moguće veća.

10.1.7. Stanje prometne i ostale podzemne infrastrukture

Ako stanje prometne infrastrukture (ceste, pločnici itd.) nije zadovoljavajuće i zahtjeva obnovu ili će je u dogledno vrijeme zahtijevati, treba se planirati zajedno s obnovom podzemne infrastrukture. Takvo stanje prometne infrastrukture daje prednost tradicionalnoj metodi iskopom pri obnovi cjevovoda odvodnje jer se u jednom građevinskom zahvatu može obnoviti i podzemna i prometna infrastruktura odnosno nema potrebe za bezrovovskim metodama kada se svakako površina mora ukloniti. Također osim stanja odvodnje, potrebno je znati i stanje ostale podzemne infrastrukture (vodovod, plinovod, električne instalacije, itd.) odnosno da li i nju treba obnoviti. Ako je potrebno obnoviti više vrsta podzemne infrastrukture, prednost ima tradicionalna metoda. U slučajevima kada je stanje prometne infrastrukture zadovoljavajuće a ostala podzemna infrastruktura osim odvodnje ne zahtjeva obnovu, prednost bi trebale imati bezrovovske metode.

10.1.8. Ostali kriterij

Kod bezrovovskih metoda potrebno je još provjeriti jesu li cijevi prethodno obnavljanje i ako jesu, može li to ugroziti izvedbu. Isto tako, da li u cijevima ima značajne količine korijenja i sedimenata, izbočina, slomljenih dijelova itd. Zbog ovih kriterija, neophodan je prethodni unutrašnji pregled cjevovoda odnosno snimanje CCTV kamerom.

Veličina ugovora, odnosno opseg posla također može biti važan, jer metode obnove (posebno bezrovovske) koriste posebnu i skupu opremu. Doprema takve opreme, posebno s većih udaljenosti, može biti ekonomski neisplativa ako se radi o manjim ugovorima.

Također, potrebno je napraviti i procjenu rizika. Razumijevanje projektnih rizika, uključujući probleme utjecaja na okoliš i rizike koje nose pojedine metode izvedbe, od velike je važnosti za konačni uspjeh projekta.

Nabrojeni su neki od najvažnijih općih kriterija, međutim, teško je i gotovo nemoguće definirati sve kriterije koje je potrebo sagledati. Svaki inženjerski problem je „svoja priča“, zbog toga traži kvalitetne i iskusne inženjere koji će prepoznati sve što treba uzeti u obzir, kako bi se projekt uspješno izveo.

10.2. Ekonomski i ekološki kriteriji

10.2.1. Kategorizacija troškova

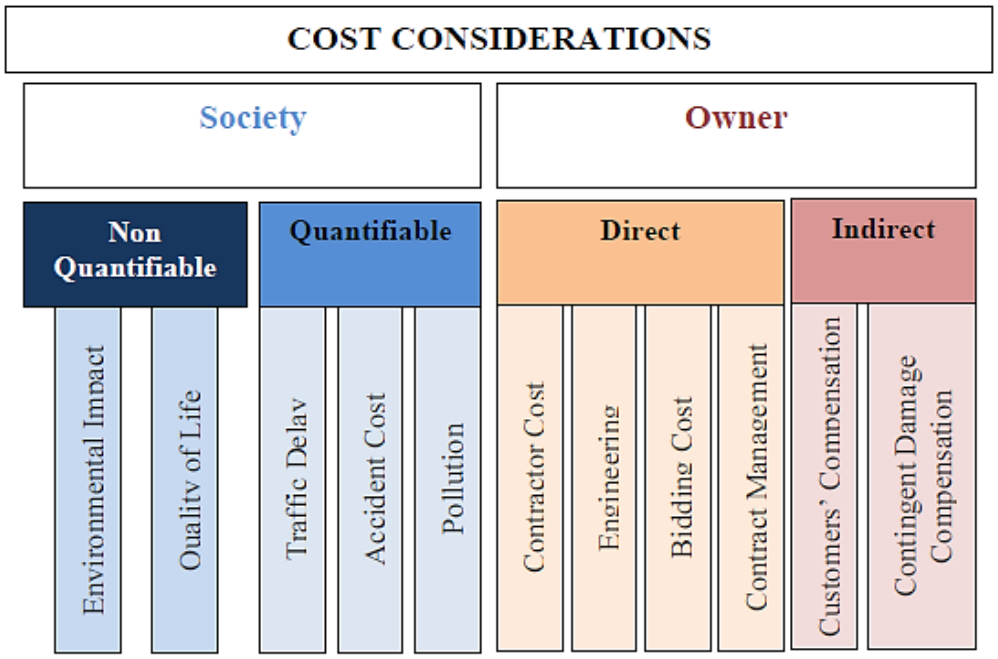
Projekti vezani za infrastrukturu, često se vode prvenstveno ekonomskim kriterijima, budući da zahtijevaju vrlo velika ulaganja. Tako je i u praksi Republike Hrvatske. Troškovi i koristi različitih metoda obnove mogu se izraziti monetarnim jedinicama. Prema tome, ekonomski kriterij bi bili, ili povećati trenutnu vrijednost neto društvene koristi (ukupna društvena korist umanjena za troškove) ili umanjiti troškove pružanja usluge. Postizanje prvog kriterija uključivalo bi analize troškova i koristi (engl. *cost/benefit analyses*), dok bi postizanje drugog kriterija uključivalo analize troškova i djelotvornosti (engl. *cost-effectivness analyses*). Da bi se kvalitetno provele tražene ekonomske analize, potrebna je detaljna kategorizacija troškova.

Grad Apeldoorn (Nizozemska, 2012) je ponudio detaljniju raščlanu troškova povezanih s radovima na podzemnim infrastrukturama, koja bi trebala rezultirati boljim analizama.

Oni dijele troškove u četiri glavne kategorije:

1. Direktni;
2. Indirektni;
3. Društveno kvantificirani;
4. Društveno nekvantificirani.

Svaka kategorija je podijeljena na potkategorije kako bi se omogućilo daljnje grananje povezanih troškova. Slika 38. pokazuje shematski prikaz raščlanjivanja troškova sa primjerom za svaku potkategoriju.



Slika 38. Kategorizacija troškova na radovima podzemne infrastrukture [11]

10.2.2. Direktni i indirektni troškovi

Direktni (izravni) i indirektni (neizravni) troškovi obično se nazivaju „troškovi projekta“ (engl. „*Project costs*“) ili „troškovi gradnje“ (engl. „*Construction costs*“), i moguće ih je lako procijeniti, s relativno malim odstupanjima, koristeći standardne metode procjene. Međutim, broj ograničavajućih faktora (npr. vrsta tla, materijal cijevi itd.) koji utječu na direktne i indirektne troškove mogu rezultirati krivim procjenama, posebno za bezrovovske metode ali i za tradicionalnu metodu obnove.

Općenito se može reći da bi bezrovovske metode obnove prevagnule u cijeni tradicionalnu metodu u jako urbanim područjima, gdje pristup, kontrola prometa i cijena vraćanja u prvobitno stanje značajno poskupljuju troškove projekta (slika 39.).



Slika 39. Shematski dijagram koji prikazuje ovisnost lokacije projekta i dubine kopanja o cijeni projekta, za tradicionalnu metodu obnove [11]

10.2.3. Društveni troškovi

Na mnogim primjerima se pokazalo da tradicionalna metoda obnove može izazvati strašno velike smetnje za širu javnost i niz djelatnosti (komercijalne, ugostiteljske, itd.). Zbog toga je potrebno provesti identifikaciju i kvantifikaciju troškova povezanih sa prekidom usluge i ostalim smetnjama koje projekt uzrokuje, što će nadalje predstavljati „ključ“ za ispravnu usporedbu između različitih bezrovovskih metoda i tradicionalne metode. Društveni troškovi (engl. *social costs*) mogu uključivati, ali nisu time ograničeni:

- Prekide u prometu i poslovnim aktivnostima;
- Oštećenja na postojećim asfaltiranim površinama;
- Zagađivanje okoliša; i
- Ometanje ustaljenih navika života ljudi, rada, kupovine itd. oko zone izgradnje.

Kvantifikacija, odnosno procjena ekvivalentne monetarne vrijednosti navedenih točaka, presudna je za ugradnju tih troškova u ukupnu procjenu troškova predloženih metoda obnove sustava odvodnje. Te društvene troškove plaća društvena zajednica u cjelini, a ne uvrštavaju se u ugovorenu cijenu projekta.

Podaci iz stranih zemalja mogu nam dati uvid u procjenu društvenih troškova. Tako Pucker et al. (2006) zaključuje da se prosječni društveni troškovi, izraženi kroz postotak cijene projekta, kreću do oko **78% za tradicionalnu metodu**, a samo **do 3% za bezrovovske metode**.

10.2.1. Podaci o troškovima metoda obnove u Republici Hrvatskoj

Tradicionalna metoda obnove podzemnih cjevovoda, dobro je dokumentirana metoda. Većina općina ima valjane tehničke podatke za projektiranje i izvedbu takvih projekata, što znači da je lakša i procjena troškova. Bezrovovske metode nisu toliko dobro dokumentirane, odnosno tih projekata u Hrvatskoj nema toliko da bi se iz njih mogli izvući generalni zaključci o troškovima.

Ograničene informacije na Hrvatskom tržištu kao i slabo dostupna ili nepostojeća literatura o financijskim studijama, onemogućuju kvalitetnu procjenu društvenih troškova različitih metoda obnove na nacionalnoj razini. Ipak, moguće je napraviti okvirnu procjenu troškova analizirajući studije iz zemalja sličnih Hrvatskoj, međutim, ni to nije nimalo lak zadatak a za sobom nosi i određene rizike.

Strana literatura o troškovima izvodljivosti bezrovovskim tehnologijama obično je usredotočena na usporedbu novije specifične tehnologije protiv tradicionalne. Opća usporedba,

koja uključuje različite tehnologije, obično nije ukorak s vremenom ili je ograničena na određeni broj tehnologija. Razlog tome je stalna promjena cijena promatranih tehnologija i novih materijalima na svjetskom tržištu.

Na hrvatskom tržištu, gdje su bezrovovske metode još relativno nova tehnologija, sigurno ostvaruju više cijene u usporedbi sa zemljama u kojima se ta tehnologija koristi duže vrijeme. To je još jedan razlog zbog kojeg su nemoguće direktne usporedbe troškova projekata koji uključuju tu tehnologijom, između Hrvatske i ostalih zemalja.

11. ANALIZA PRIMJENE DOSTUPNIH METODA OBNOVE ZA OBNOVU SUSTAVA ODVODNJE GRADA SINJA

Nakon što se analizirano postojeće stanje odnosno problemi odvodnje grada Sinja, opisale metode obnove koje se koriste u svijetu i izdvojile one dostupne u Hrvatskoj, te definirali kriteriji o kojima je potrebno voditi računa pri odabiru metode obnove, može se pristupiti analizi primjene navedenih metoda obnove na mrežu odvodnje grada Sinja.

Prije svega, potrebno je napomenuti da bi izbor odgovarajuće metode bio znatno lakši i kvalitetniji kada bi postojala detaljna analiza sustava sa svim karakteristikama i problemima označenim na interaktivnim kartama (GIS). To predstavlja osnovu za način upravljanja koji se u svijetu zove „**Upravljanje infrastrukturnom imovinom“** (engl. „Infrastructure Asset Management“). Takav način upravljanja logički je slijed napretka tehnologije i već se koristi u mnogim gradovima diljem svijeta, za lakše upravljanje svim vrstama infrastrukture. Republika Hrvatska, u tom pogledu, dosta zaostaje za zemljama EU-a, i ako ih namjerava u budućnosti dostići i biti ukorak s njima, potrebno je da što prije implementira takav način upravljanja.

Analiza će se provesti na način, da će se prvo na temelju analize postojećeg stanja sustava odvodnje grada Sinja uz određene postavke napraviti selekcija metoda obnove koje bi bilo moguće primijeniti za navedene probleme. Zatim će se odbaciti one metode obnove koje nisu dostupne u Hrvatskoj, odnosno gradu Sinju. Potom će se na temelju prethodno definiranih kriterija, opet uz određene pretpostavke, analizirati primjena dostupnih metoda obnove, odnosno odrediti će se koje su od odabranih metoda najprikladnije za obnovu sustava odvodnje grada Sinja.

11.1. Selekcija metoda obnove

U **prilogu 3.** nalazi se dijagram tijeka koji ukratko ocrtava proces koji bi trebalo slijediti pri odabiru metoda obnove prikladnih za određenu situaciju odnosno problem. Na dijagramu tijeka prvo se identificira problem, ili više njih, zbog kojih se pokrenuo zahtjev za obnovom određenog dijela sustava odvodnje. Dalje se identificirani problem veže za mogući problem u sustavu koji se zatim dalje veže za moguće uzroke problema u sustavu, a sve se svodi na dvije moguće opcije i niz različitih metoda obnove. Moguće opcije odnosno prikladne metode obnove svode se na dvije moguće alternative: **zamjena ili sanacija**. I bezrovovske metode i tradicionalna metoda iskopom nalaze mjesto kao alternative na određenim mjestima u dijagramu tijeka.

11.1.1. Definiranje problema vezanih uz odvodnju u gradu Sinju

Važan podatak koji se može izvući iz analize postojećeg sustava, odnosno simulacijskog modela, je taj da pojave poplavljivanja nema odnosno da su zadovoljeni hidraulički kapaciteti. Međutim, to ne znači da sustav nije nepotrebno opterećen **infiltriranim i stranim vodama**. Kako u analizi postojećeg stanja nije bilo ciljanog mjerenja infiltracije i stranog dotoka, pretpostavit će se da oni postoje, na temelju izjava djelatnika komunalnog poduzeća, a to se može indirektno i povezati s prekomjernim količinama vode koje se prelijevaju na preljevima i dolaze na UPOV. Isto tako, uz infiltraciju i **eksfiltracija** predstavlja problem jer onečišćene vode slobodno odlaze u podzemlje i dolaze u kontakt s podzemnom vodom, a kako je područje grada Sinja krško područje, posebno je ranjivo.

Jedino područje koje je eventualno problematično u smislu nedovoljnog kapaciteta jest ono koje se spaja na kolektor u Ulici Luka (južno od Pelimovca) (P-1). Problematični dijelovi označeni su, po oznakama u tekstu, na karti u **prilogu 4.**

Drugi, možda najveći problem Sinjske odvodnje su ilegalni priključci kojim se fekalne otpadne vode direktno upuštaju u potoke Gorućicu i Ćosin potok, na više lokacija. Ovakvim načinom odvodnje znatno se zagađuju spomenuti potoci što rezultira neugodnim mirisima (P-2).

Na području užeg centra stare jezgre grada nalazi se **niz starih oborinskih kanala** koji su s vremenom popločani, a u njih su se s vremenom priključivali sanitarni dotoci okolnih kuća. Također, na strmim dijelovima grada u uličnoj odvodnji **nije dostatan broj slivnika** (P-3) koji bi primili oborinske vode i odveli ih u sustav odvodnje, pa se oborinske vode sakupljaju u dvorištima okolnih kuća ili se zadržavaju na samim prometnicama, kad stignu u ravninska područja, uzrokuje pojavu vode na terenu i poteškoće stanovništvu ili prometu.

Kolektori „Vojarna" i „Dalmatinka", koji nisu spojeni na ostatak sustav odvodnje, svoje otpadne vode ispuštaju direktno u recipijente. (P-4) Pretpostavlja se da su ovi kolektori podložni povećanoj infiltraciji. **Kolektor u ulici Put šumarije**, postavljen je plitko u trup ceste, koja je u odnosu na okolni teren postavljena u nasipu. Iz tih kuća nije moguće spojiti otpadne vode gravitacijski na spomenuti kolektor (P-5).

Usporedbom kota krune preljeva zaključilo se da je **preljev PG12**, u odnosu na preljev u sklopu UPOV-a, na nižoj koti (P-6). Posljedica toga je da se za vrijeme većih protoka sav dotok (zagađenje) iz kolektora „Put šumarije“ prelije preko PG12 i ne dospije do UPOV-a.

11.1.2. Problemi u sustavu odvodnje

Iz navedenih problema očito je da većina problema odvodnje grada Sinja proizlazi iz toga što je sustav nepotpun odnosno nije izgrađen do kraja. Također, očigledno je i da su određeni dijelovi sustava krivo projektirani. **Za takve dijelove sustava koji su nepotpuni ili krivo projektirani** (označeni na karti u **prilogu 4.**)**, jasno je da je najprikladnija opcija za obnovu/rekonstrukciju i nadogradnju, tradicionalna metoda iskopima.** Stoga, pošto je za takve dijelove sustava jasno određena opcija, oko tih dijelova nije potrebno voditi raspravu, već će se fokus prebaciti na one dijelove sustava za koje postoji više opcija obnove.

Kod dijelova sustava, koji ne zahtijevaju značajne preinake, spomenut je problem infiltracije i stranog dotoka te eksfiltracije. Kako u sustavu postoji veliki broj preljeva, infiltrirane i strane vode povećavaju količinu vode u sustavu a samim tim i količinu vode koja se preljeva, a kako se radi većinom o mješovitim kolektorima nepotrebno se onečišćava okoliš. Još jedna bitna posljedica uzrokovana infiltriranim i stranim vodama je ta da je UPOV nepotrebno opterećen većim količinama vode, što mu otežava rad i smanjuje učinkovitost. Ova činjenica će posebno biti problem kada se izgrade novi, planirani dijelovi sustava odvodnje koji bi trebali dodatno opteretiti UPOV. Zbog toga je ovakve dijelove sustava neophodno obnoviti.

11.1.3. Uzroci problema u sustavu

Kao što je u analizi postojećeg stanja već spomenuto, od djelatnika komunalnog poduzeća dobivene su informacije da je sustav odvodnje grada Sinja u lošem stanju odnosno da su kolektori ispucali a da spojevi propuštaju. To se općenito smatra glavnim uzrokom povećane infiltracije i povećane količine stranih voda u sustavima odvodnje. No da bi se pretpostavke o infiltraciji i stranim dotocima potvrdile, potrebno je detaljno analizirati izvještaje o unutrašnjem snimanju cjevovoda sustava odvodnje te ako je potrebno, izvršiti i dodatne analize. Kako to nije bilo moguće, za potrebe ovog rada, **izvršen je kratki pregleda izvještaja snimanja pojedinih dijelova sustava, te se može se potvrditi da su pukotine i loši spojevi doista prisutni kao i ilegalni priključci koji su uz to loše izvedeni.**

11.1.4. Zamjena ili sanacija

Ključno pitanje plana obnove sustava odvodnje je: **„Koje je dijelove sustava moguće sanirati, a koje bi trebalo zamijeniti?“.** Nažalost odgovor na to pitanje, u ovom radu, neće biti moguće dati s obzirom na šture informacije o sustavu koje su bile dostupne. Ipak, važno je napomenuti da se iz već spomenutog kratkog pregleda izvještaja snimanja može reći da

konstruktivno stanje cijevi sustava odvodnje grada Sinja nije toliko loše, odnosno da je većina promatranih cijevi zadržala izvorni oblik. Svakako da takvu konstataciju treba uzeti s rezervom te provesti temeljito ispitivanje.

Da se ne bi završilo na ovome, za potrebe ovog rada, ukratko će se analizirati obje moguće opcije, odnosno ispitati će se koje metode bi bile prikladne u slučaju zamjene a koje u slučaju sanacije.

11.1.5. Prikladne metode obnove

U slučaju da je cijevi odvodnje potrebno zamijeniti, iz prethodnog opisa metoda te iz dijagrama tijeka u prilogu 3., nalazimo da je uz tradicionalnu metodu iskopima (open-cut) moguće koristit bezrovovkse metode: pipe bursting, pipe implosion, pipe eating i pipe reaming. Odmah možemo eliminirati tri posljednje metode zbog toga što nisu dostupne u Hrvatskoj. Kako su hidraulički kapaciteti sustava odvodnje grada Sinja zadovoljeni te nije neophodno povećanje promjera cijevi, zamjena je potreba samo u slučaju ako je došlo do urušavanja cijevi. Dakle, zamjenu cjevovoda odvodnje grada Sinja moguće je izvesti tradicionalnom metodom ili pipe bursting metodom.

U slučaju da cijevi odvodnje nije potrebno mijenjati, odnosno da ih je moguće sanirati, iz prethodnog opisa metoda te iz dijagrama tijeka u prilogu 3., nalazimo da je moguće koristiti sanaciju oblaganjem (engl. *lining*), bezrovovskim metodama: CIPP lining, sliplining, close-fit lining, spiral wound plastic liners. Većina ovih metoda može ali i ne mora utjecati na konstruktivnu nosivost cijevi, stoga su one prikladne za cijevi koje nisu urušene odnosno koje imaju određenu konstruktivnu nosivost. Ovim metodama ide u prilog spomenuta činjenica da u sustavu odvodnje grada Sinja nije neophodno povećanje promjera cijevi. Od navedenih metoda u Hrvatskoj nije dostupna metoda spiral wound plastic liners, ostale metode su u većoj ili manjoj mjeri dostupne.

Moguće je i posebno sanirati spojeve, spomenutim metodama kao što su mehaničko začepljivanje spojeva (kod većih profila cijevi) i kemijsko injektiranje. Međutim kako nema podatak o korištenju tih metoda u Hrvatskoj, te metode se neće analizirati u nastavku.

Usporedba mogućih metoda obnove, za oba slučaja, dati će se u nastavku na temelju kriterija definiranih u poglavlju 10.

11.2. Odabir na temelju definiranih kriterija

11.2.1. Kriteriji vezani za projektiranje i izvođenje

Prije svega, kod oba promatrana slučaja, potrebno je odgovoriti na pitanje: **„Da li je obnovu moguće izvesti promatranim metodama?“**. Tradicionalna metoda iskopima je osnovna alternativa za oba promatrana slučaja te se pitanje ne odnosi na nju nego na ostale metode.

U slučaju zamjene cijevi pipe bursting metodom prva stvar koju treba provjeriti je materijal postojeće cijevi, tj. je li on prikladan za korištenje ove metode. Kao što se može vidjeti u tablici 8., gotovo cijeli sustav mješovite odvodnje odnosno stariji dio postojećeg sustava, izgrađen je od azbest-cementnih cijevi okruglog poprečnog presjeka. Takav materijal odgovara pipe bursting metodi. Nadalje, potrebno je znati dubinu cijevi i stanje površine te položaj ostale podzemne infrastrukture zbog opasnosti od eventualnog oštećenja. Te informacije nažalost nisu bile dostupne. U opisu metode preporuča se da glava za lomljenje ne bi smjela proći bliže od 0.75 m od podzemnih cijevi i 2.50 m od osjetljivih površinskih konstrukcija. Ipak, malo je vjerojatno da su cijevi Sinjske odvodnje na tim dubinama, posebno u staroj jezgri odnosno samom centru grada. Stoga se ova metoda može eliminirati za te dijelove sustava, dok bi se na ostalim dijelovima za koje se zna da su cijevi na većim dubinama, što se tiče ovog uvjeta, mogla koristiti. Također, kod ove metode potrebno je vršiti iskope na mjestima ulazne a možda i izlazne jame kao i na mjestima bočnih priključaka što ne ide u prilog ovoj metodi, a potrebna je i zaobilaznica toka. Isto tako, potrebno bi bilo istražiti sastav i stanje tla, te moguću prisutnost podzemne vode.

Iz svega navedenog, može se zaključiti da pipe bursting metoda nije najprikladnija za zamjenu cjevovoda odvodnje grada Sinja. Prije svega jer je postojeći sustav odvodnje relativno malen, a zbog navedenih ograničenja, mogla bi se primijeniti možda na samo nekoliko mjesta u sustavu, a dodatni iskopi bi se svakako morali vršiti. To bi vjerojatno bio premalen opseg projekta za korištenje ove metode, bez obzira na njene prednosti, pa se može zaključiti: **korištenje pipe bursting metode za obnovu sustava odvodnje grada Sinja bilo bi neisplativo**.

U slučaju sanacije oblaganjem, korištenjem navedenih bezrovovskih metoda, **kao referentna metoda uzeti će se CIPP lining**. Ta metoda je odabrana kao referentna, upravo iz razloga jer je najdostupnija i najviše korištena bezrovovska metoda sanacije cjevovoda sustava odvodnje u Hrvatskoj. Ostale metode imaju više ili manje slične prednosti i nedostatke, a što se

tiče izvedbe i troškova, ne bi trebalo biti pretjeranih razlika. Zbog navedenih prednosti, u opisu CIPP metode, jasno je zbog čega je upravo ta metoda najkorištenija u Hrvatskoj. Sigurno da ta činjenica, uz navedene prednosti, ide u prilog toj metodi kao potencijalnoj metodi sanacije cjevovoda odvodnje grada Sinja. Međutim, prije svega treba analizirati da li je moguća njena primjena. Prva i možda najvažnija je već spomenuta činjenica, da u postojećem sustavu odvodnje grada Sinja nije neophodno povećanje promjera cijevi, što ide u prilog ovoj i ostalim metodama sanacije. Drugi uvjet je da cijevi nisu urušene, odnosno da njihov originalni oblik nije narušen. Taj uvjet se nažalost ne može potvrditi bez detaljne analize snimljenih izvještaja, ali na temelju kratkog pregleda istih, može se reći da je takvih cijevi vrlo malo. Ono što bi moglo stvarati probleme je dosta prepreka u cijevima, koje bi trebalo ukloniti mehaničkim čišćenjem ili ispiranjem. Također, veliki broj priključaka (ilegalnih i legalnih) na pojedinim cjevovodima otežao bi proces sanacije ovom metodom. Uz sve navedeno potrebno je provjeriti i pristup revizijskim oknima odnosno njihovo stanje, što je još jedna nepoznanica.

Dakle, može se zaključiti kako bi primjena bezrovovskih metoda za sanaciju cjevovoda odvodnje grada Sinja, promatranih kroz CIPP metodu kao referentnu, zahtijevala opsežne i zasigurno skupe pripremne radove. Međutim, zbog minimalnih ograničenja, većina ovih metoda vrlo vjerojatno bi se mogla primijeniti na gotovo svim dijelovima postojećeg sustava, a zbog prednosti koje nose, može se zaključiti: **bezrovovske metode (posebno CIPP) imaju veliki potencijal za sanaciju sustava odvodnje grada Sinja.**

Kad se podvuče crta, jasno je da je u slučaju potrebne zamjene cjevovoda najlogičniji izbor tradicionalna metoda, dok se u slučaju moguće sanacije cjevovoda postavlja pitanje: **„Da li je isplativije sanirati cjevovode bezrovovskim metodama sanacije, u ovom slučaju CIPP metodom, ili je isplativije cjevovode zamijeniti tradicionalnom metodom?“.** Tu se dolazi do ekonomskih i ekoloških kriterija, no prije njihove analize, razmotrit će se još nekoliko kriterija vezanih za projektiranje i izvođenje koji mogu rasvijetliti put prema odgovoru na ovo pitanje.

Jedan od tih kriterija je stanje prometne infrastrukture u gradu Sinju. Ne može se reći da je njeno stanje zadovoljavajuće, jer se na prometnicama na dosta mjesta pojavljuju zakrpe, pukotine i udubljenja (slika 40.), ipak za hrvatske pojmove, po tom pitanju, sinjske prometnice ne zahtijevaju hitnu obnovu. Drugi kriterij je stanje ostale podzemne infrastrukture. Vodoopskrbna infrastruktura također nije u dobrom stanju, pojedini dijelovi mreže vodoopskrbe dosta su zastarjeli i imaju velike gubitke (preko 50%) i zahtijevaju što hitniju obnovu. Važno je spomenuti i da se u skorašnje vrijeme planira izgradnja plinovoda za Sinj.

Sve navedeno moglo bi se obaviti u jednom građevinskom zahvatu, tradicionalnom metodom, što bi zasigurno zahtijevalo velika financijska sredstva, kako za pripremu projekata tako i za izgradnju. Takav plan, dugoročno bi zasigurno predstavljao povoljnije rješenje. Ova činjenica ide u prilog tradicionalnoj metodi, međutim, kako europske direktive nalažu da se izgradnja, a s tim i obnova preostalog dijela sustava odvodnje mora završiti do kraja 2018. godine, teško je za očekivati sveobuhvatni projekt, stoga se pitanje sanacije opet vraća na vagu.



Slika 40. Primjeri lošeg stanja dijelova prometne infrastrukture u gradu Sinju [2]

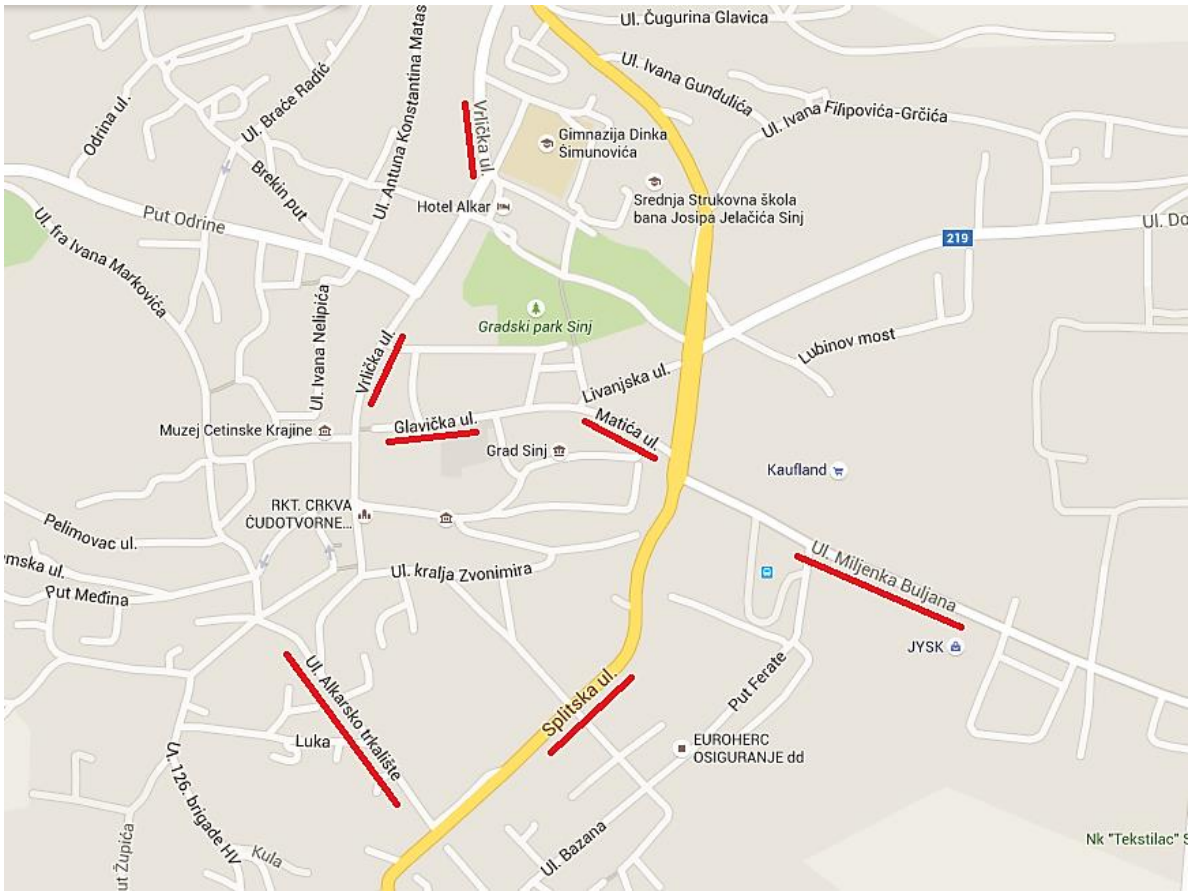
11.2.2. Ekonomski i ekološki kriteriji

Na prethodno postavljeno pitanje o sanaciji, pokušati će se dati odgovor analizirajući ekonomske i ekološke kriterije. Prvo će se razmotriti direktni i indirektni troškovi obiju metoda, a zatim će se na to nadograditi ekološki odnosno društveni troškovi, kako bi se izvukao konačni zaključak.

Direktne i indirektne troškove odnosno troškove izgradnje, na nacionalnoj razini, vrlo je teško procijeniti pogotovo što se tiče bezrovovskih metoda, zbog već spomenutih razloga. Međutim, vodeći se logikom sa slike 39., može se doći do nekakvih generalnih zaključaka. Što se tiče dubine cjevovoda smatra se, a već je i spomenuto, da cijevi sinjske odvodnje nisu na prevelikim dubinama pogotovo u užem centru grada. Podaci iz stranih zemalja ukazuju da su direktni troškovi bezrovovskih metoda u rangu s tradicionalnom ili manji, na mjestima gdje je su potrebi veliki iskopi. Ako se pretpostavi da bi kod obnove Sinjske odvodnje bili potrebni iskopi srednjih i manjih razmjera, uz činjenicu da bezrovovske metode u Hrvatskoj postižu više cijene nego u stranim zemljama, može se zaključiti da bi njihovi direktni troškovi bili viši nego kod tradicionalne metode.

U pogledu ekoloških kriterija odnosno utjecaja na društvo i okoliš može se zaključiti: što se tiče ometanja prometa i ostalih aktivnosti vezanih uz to, grad Sinj vjerojatno nije u tolikoj mjeri urbano područje da bi se stvorili toliko veliki problemi pri korištenju tradicionalne metode. To se može zaključiti i na temelju niza zahvata takvog tip u gradu Sinju, kroz prošlost. No problemi svakako postoje i nisu zanemarivi, stoga ne ih ne treba olako shvatiti. Na slici 41. označene su najprometnije ulice u gradu Sinju (ulica Domovinskog rata je obnovljena skupa s podzemnom infrastrukturom, pa nije promatrana). U većini tih ulica nalaze se javni, ugostiteljski, privatni i niz ostalih važnih objekata. Izvedba radova tradicionalnom metodom, sigurno bi izazvala značajne smetnje u svim promatranim aspektima i narušila uobičajeni ritam života ljudi tog područja. S druge strane, bezrovovske metode izazvale bi znatno manje smetnje, i društvo bi ih zasigurno lakše prihvatilo.

Ipak, bez detaljne **studije troškova i koristi** (**cost-benefit analize**) bilo za područje Sinja ili nekog drugog sličnog grada u Republici Hrvatskoj, s kojim bi se Sinj mogao usporediti, ne može se sa sigurnošću reći koja bi od dvije alternative sanacije bila isplativija odnosno prikladnija.



Slika 41. Najprometnije ulice u gradu Sinju [2]

12. ZAKLJUČAK

Obnova sustava odvodnje aktualno je pitanje u općinama i gradovima širom svijeta a posebnu težinu ima u Republici Hrvatskoj koja je kao najmlađa članica Europske unije pod velikim pritiskom zbog propisanih direktiva koje mora ispuniti u kratko vrijeme. Grad Sinj se našao na listi osjetljivih područja, što zahtijeva da se njegov sustav odvodnje obnovi i proširi a pročišćavanje otpadnih voda podigne na najviši stupanj. Zbog tvoga je pitanje obnove sustava odvodnje u gradu Sinju još prioritetnije nego u ostalim gradova u Hrvatskoj.

U svijetu postoji cijeli niz različitih metoda za obnovu sustava odvodnje. Neke od njih već su dobro prihvaćene u Hrvatskoj, dok ostale polako nalaze svoje mjesto. Tako veliki broj metoda u svijetu rezultat je toga, što tradicionalna metoda izaziva velike smetnje i troškove u urbanim područjima pa se nastoji zamijeniti suvremenijim, bezrovovskim metodama. S druge strane, bezrovovske metode koriste sofisticiranu i skupu opremu, zahtijevaju detaljnije analize i opsežnije pripremne radove te imaju dosta ograničenja. Kako ne postoji točno uputstvo koju od ove dvije alternative primijeniti pri obnovi cjevovoda odvodnje, u svijetu se, s obzirom na prednosti i nedostatke obiju alternativa, vode velike polemike.

U gradu Sinju veliki dio problema u sustavu odvodnje povezan je s nepotpunom izgradnjom. Na takvim mjestima jedini mogući izbor je tradicionalna metoda. Na ostalim dijelovima koji ne zahtijevaju značajne preinake u sustavu, tom u korist što su hidraulički kapaciteti sustava zadovoljeni, moguće je koristiti bezrovovske metode obnove. U slučaju potrebne zamjene cijevi, korištenje bezrovovskih metoda zamjene, bez obzira na svoje prednosti ima previše ograničenja i ne bi bilo isplativo. Stoga, u tom slučaju prednost ima tradicionalna metoda obnove. U slučaju moguće sanacije, korištenje bezrovovskih metoda sanacije, bez obzira što zahtjeva detaljne analize sustava i opsežne pripremne radove, ima niz prednosti posebno u pogledu ekološkog i šireg društvenog aspekta te svakako ima veliki potencijal za obnovu sustava odvodnje grada Sinja.

Tradicionalna metoda obnove opće je prihvaćena i duboko ukorijenjena u Republici Hrvatskoj zbog čega su ostale metode obnove, bez obzira na svoje prednosti, u nezahvalnom položaju. Ipak, prije donošenja plana obnove sustava odvodnje grada Sinja, svakako bi trebalo definirati da li je cjevovode moguće sanirati bezrovovskim metodama sanacije i u kojoj mjeri. Ako se utvrdi da bi se značajni dio sustava mogao sanirati, trebalo bi izraditi studiju troškova i koristi te napraviti usporedbu između tradicionalne metode iskopima i promatrane bezrovovske metode sanacije kako bi se konačno odredila najprikladnija metoda obnove.

13. PRILOZI

Prilog 1. Karta grada Sinja

Prilog 2. Karta postojećeg mješovitog sustava odvodnje grada Sinja

Prilog 3. Dijagram tijeka

Prilog 4. Problematični dijelovi sustava odvodnje grada Sinja

Prilog 1. Karta grada Sinja

GRAD SINJ

MJERILO 1:10 000, 1cm=100m

zelena, rekreacijska i sl. područja

stambena područja

industrijska, skladišna i sl. područja

javne i poslovne zgrade

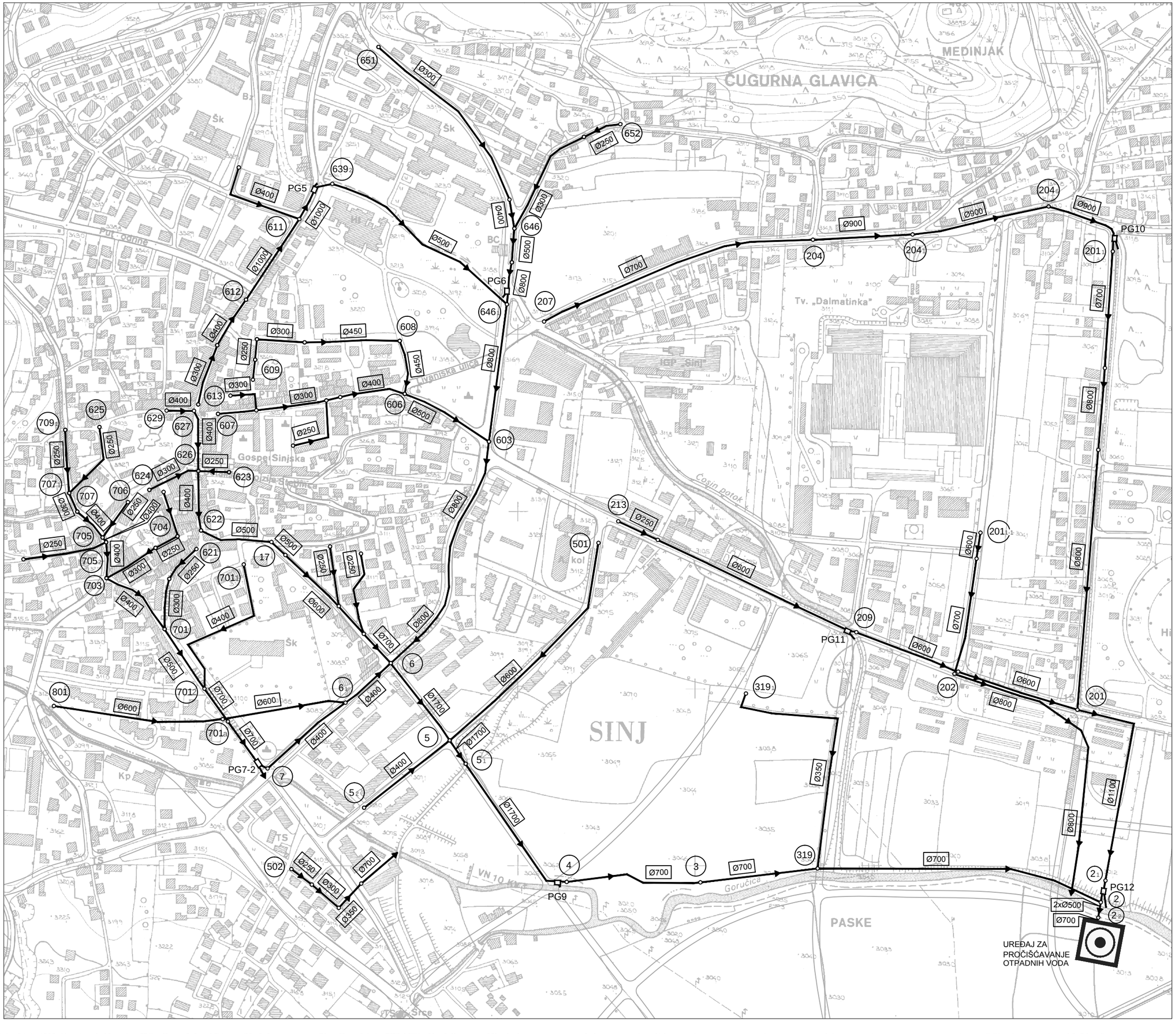
pješačke zone

jednosmjerne ulice

© GEOdata d.o.o. - Split Autor: S. Baučić, dipl. inž.
Izvornik: GDK 1:5000 Sva prava zadržana.

Suhač
Medinjak
Mirošević
Ćurlini
Grčići
Fratarka
Šimci
Breko
Šilanovac
Štalija
Luka
Čemer
Ruduša
Ćuka
Tomaševići
Bućmirići
Markići
Vukasovići
BRNAŽE
Šabići Donji
Šabići Gornji
DALMATINKA
HIPODROM
SINJANKA
GP SINJ
KONKURENT
ČETINA
TERETNI PROMET
CIGLANA
STOČNI PAZAR
Gradski park
Tvrđava Grad
Zagrebačka
Hrvace
Split
Trilj
Otok

Prilog 2. Karta postojećeg mješovitog sustava odvodnje grada Sinja



SITUACIJA
POSTOJEĆE STANJE

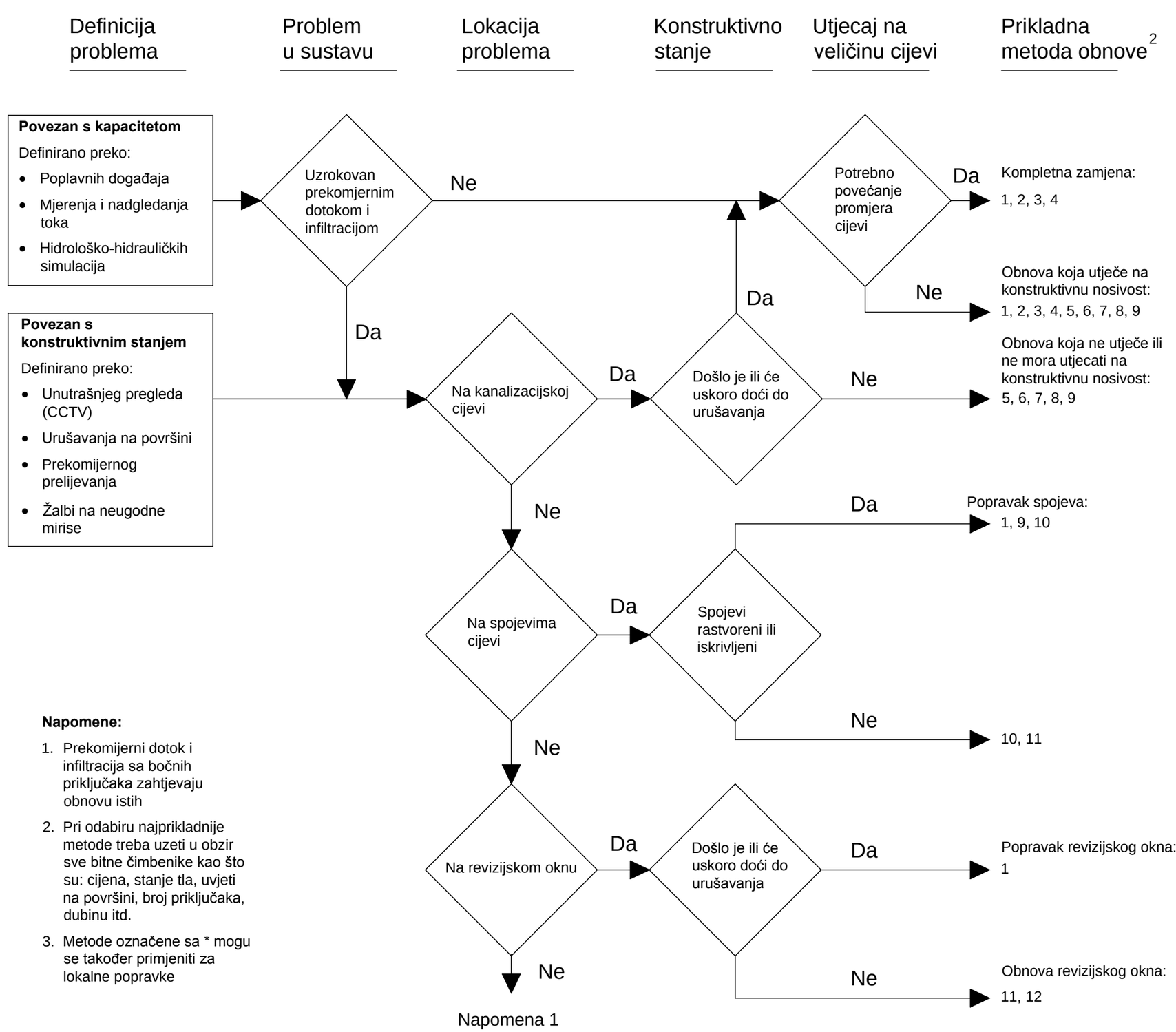
MJ. 1:2500

LEGENDA:

- POSTOJEĆA MJEŠOVITA KANALIZACIJA
- POSTOJEĆA PRELJEVNA GRAĐEVINA
- UREĐAJ ZA PROČIŠĆAVANJE OTPADNIH VODA
- OZNAKA REVIZIJSKOG OKNA

Prilog 3. Dijagram tijeka odabiranja prikladnih metoda obnove sustava odvodnje

Dijagram tijeka odabiranja prikladnih metoda obnove kanalizacijskog sustava



Napomene:

1. Prekomijerni dotok i infiltracija sa bočnih priključaka zahtjevaju obnovu istih
2. Pri odabiru najprikladnije metode treba uzeti u obzir sve bitne čimbenike kao što su: cijena, stanje tla, uvjeti na površini, broj priključaka, dubinu itd.
3. Metode označene sa * mogu se također primjeniti za lokalne popravke

Dostupne metode obnove

Zamjena

- Na postojećoj trasi

1. Open Cut*
2. Pipe Bursting
3. Pipe Ramming
4. Pipe Eating

Sanacija

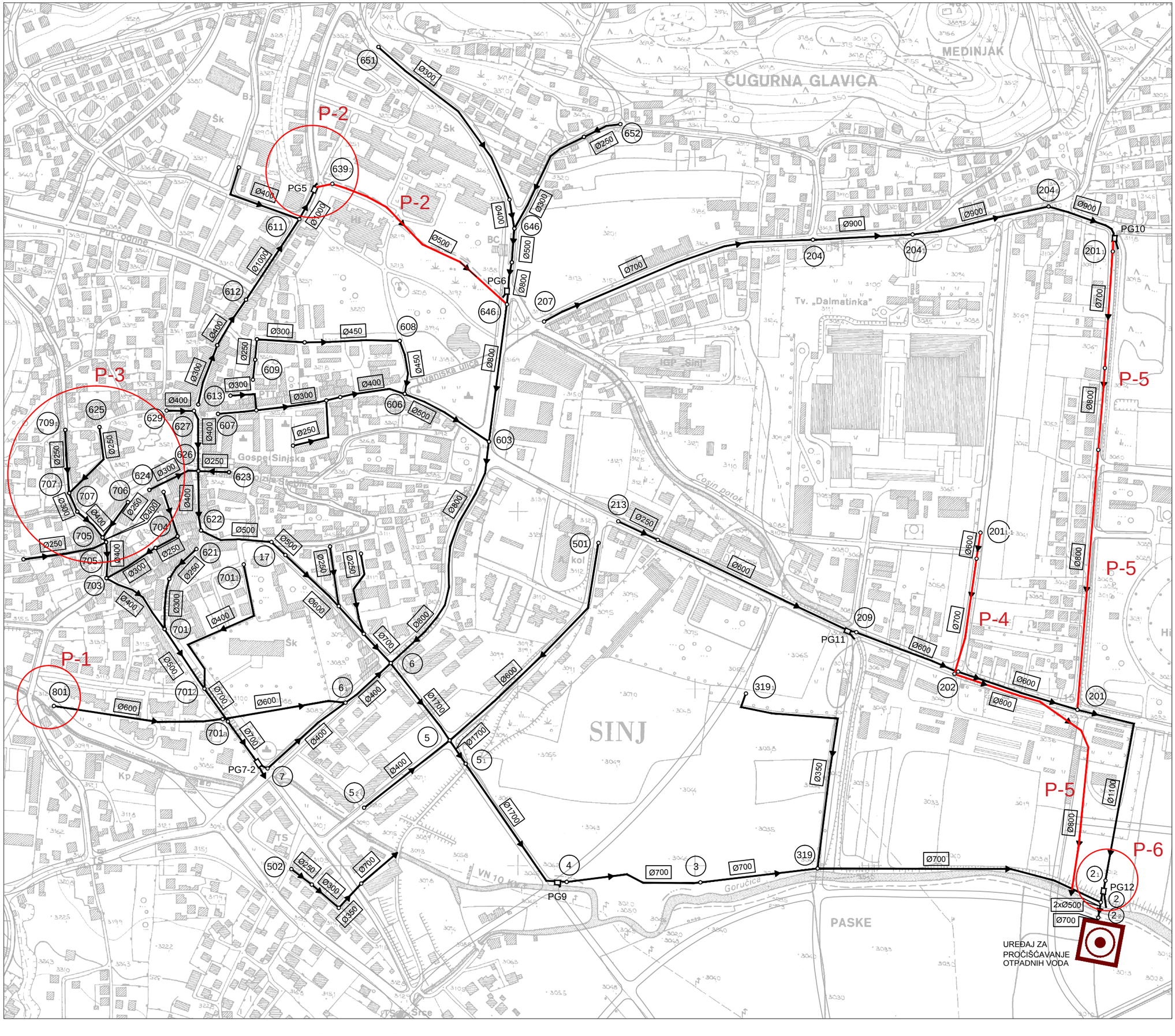
Obloge*

5. CIPP Lining
6. Sliplining
7. Close-fit Lining
8. Spiral Wound Plastic Liners
9. Segmental lining

Ostalo*

10. Mehaničko začepljivanje spojeva
11. Kemijsko injekriranje
12. Cementno žbukanje

Prilog 4. Problematični dijelovi sustava odvodnje grada Sinja



SITUACIJA
PROBLEMI POSTOJEĆEG STANJA

MJ. 1:2500

LEGENDA:

- POSTOJEĆA MJEŠOVITA KANALIZACIJA
- POSTOJEĆA PRELJEVNA GRAĐEVINA
- UREĐAJ ZA PROČIŠĆAVANJE OTPADNIH VODA
- OZNAKA REVIZIJSKOG OKNA

Literatura

[1] Urbos d.o.o. Split, Prostorni plan grada Sinja, 2006.

[2] Google maps, 2015.

[3] Državni zavod za statistiku, Popis stanovništva, 2011.

[4] Grontmij, Hidroprojekt Zagreb i Proning, Koncepcijsko rješenje odvodnje Sinja, 2013.

[5] Vlada Republike Hrvatske, Plan provedbe (revidirani) vodno-komunalnih direktiva, 2010.

[6] Odvodnja d.o.o., Statistike za izvješća sekcije, 2015.

[7] http://www.ferata.hr/potpisan-ugovor-za-projektiranje-kanalizacije-na-podrucju-grada-sinja/

[8] Bhaskar Sen Gupta, A survey of sewer rehabilitation in Malaysia: application of trenchless technologies, 2015.

[9] Collection Systems: Method for Evaluating and Improving Performance. California State University, Sacramento. 1998.

[10] http://www.portlandoregon.gov/bes/article/490269.

[11] PINTER & Associates Ltd., Trenchless Technologies and work practices review for Saskatchewan municipalities, 2013.

[12] http://www.ucononline.com/sites/default/files/swageart2.JPG

[13] http://www.visitsinj.com/hr

[14] http://temeculavalleyplumber.com/wp-content/uploads/2014/03/trenchless-pipe-bursting1.jpg

[15] http://www.inzynierbudownictwa.pl/images/magda/ib_03_13/reh7.jpg

[16] http://infra-sa.pl/en/pub/uploadimages/19.gif

[17] https://nodignews.files.wordpress.com/2013/05/rolldown-e1369146965210.jpg?w=584

[18] http://www.nodig-construction.com/doks/jpg/CloseFitLining_Deformed-pipe-lining.jpg