

# Primjena višekriterijske analize pri izboru načina obnavljanja kanalizacijskih cjevovoda

Dijana Piškorić

## Ključne riječi

kanalizacijski cjevovod,  
kanalizacijski kolektor,  
grad Zagreb,  
obnavljanje,  
sanacija,  
višekriterijska analiza

## Key words

sewerage pipeline,  
sewer main,  
City of Zagreb,  
rehabilitation,  
remediation,  
multicriterial analysis

## Mots clés

tuyauterie d'égouts,  
égout collecteur,  
ville de Zagreb,  
rénovation,  
réparation,  
analyse multicritères

## Ключевые слова

канализационный  
трубопровод,  
канализационный  
коллектор,  
город Загреб,  
обновление, санация,  
многомерный анализ

## Schlüsselworte

Abwasserrohrleitung,  
Sammelkanal,  
Stadt Zagreb,  
Erneuerung,  
Sanierung,  
Multikriterienanalyse

D. Piškorić

Stručni rad

## Primjena višekriterijske analize pri izboru načina obnavljanja kanalizacijskih cjevovoda

U članku se prikazuje izgrađenost kanalizacijske mreže grada Zagreba. Istaknuto je da se pri obnavljanju i popravcima uglavnom primjenjuje zamjena starih cjevovoda novim. Opisana su najčešća oštećenja na kanalizacijskim kolektorima i njihovi uzroci, a prikazane su i vrste sanacije. Obrazložena je metoda višekriterijske analize i navedeni su kriteriji na temelju kojih je ona i provedena. Dobiveni rezultati prikazana su na dva primjera sanacije kanalizacijskih kolektora u Zagrebu.

D. Piškorić

Professional paper

## Use of multicriterial analysis in the selection of sewer pipe remediation methods

The level of completion of sewerage network in the City of Zagreb is presented. It is emphasized that the rehabilitation or remediation activities in most cases consist in the replacement of the old sewer mains. Most common types and causes of damage to sewer pipes are described, and remediation methods are presented. The use of multicriterial analysis is explained and the criteria used in the analysis are given. Results are presented through two examples of sewer main remediation in Zagreb.

D. Piškorić

Ouvrage professionnel

## Emploi de l'analyse multicritères dans la sélection des méthodes de réparation des tuyauteries d'évacuation des eaux usées

Le niveau d'achèvement du réseau d'égouts dans la ville de Zagreb est présenté. Il est souligné que les activités de réparation ou de rénovation consistent, dans la plupart des cas, en le remplacement des égouts anciens. Les types et les causes les plus fréquemment rencontrés d'endommagement des tuyaux d'égouts sont décrits, et les méthodes de réparation sont présentées. L'emploi de l'analyse multicritères est expliquée et les critères utilisés dans cette analyse sont fournis. Les résultats sont présentés à travers de deux exemples de réparation des égouts à Zagreb.

Д. Пишкорич

Отраслевая работа

## Применение многомерного анализа при выборе способа обновления канализационных трубопроводов

В работе показана выстроенность канализационной сети города Загреб. Подчёркнуто, что при её обновлении и ремонте в основном применяется замена старых трубопроводов новыми. Описаны самые частые повреждения на канализационных коллекторах и их причины, а показаны и виды санации. Обоснован метод многомерного анализа и приведены критерии, на основании которых он и проведён. Полученные результаты показаны на двух примерах санации канализационных коллекторов в Загребе.

D. Piškorić

Fachbericht

## Anwendung der Multikriterienanalyse bei der Auswahl der Erneuerungsweise von Abwasserrohrleitungen

Im Artikel ist die Ausbildungsstufe des Abwassernetzes der Stadt Zagreb dargestellt. Es ist hervorgehoben dass bei Erneuerung und Reparatur hauptsächlich der Einbau neuer Rohrleitungen anstatt der alten angewendet wird. Es sind die häufigsten Beschädigungen der Sammelkanäle und deren Ursachen beschrieben und die Sanierungsweisen dargestellt. Die Methode der Multikriterienanalyse ist erklärt und die Kriterien angegeben auf Grund deren sie durchgeführt wurde. Die erreichten Ergebnisse sind an zwei Beispielen der Sanierung von Sammelkanälen in Zagreb dargestellt.

Autor: Mr. sc. **Dijana Piškorić**, dipl. ing. građ., ZAGREBAČKI HOLDING, d.o.o. Podružnica Vodoopskrba i odvodnja, Zagreb

## 1 Uvod

Tehnologija se u području sanacije odnosno rekonstrukcije komunalnih instalacija dosta mijenja i napreduje, tako da se rabe različite tehnike i materijali. U praksi u RH gotovo se u svim slučajevima obnavljanja i popravka kanalizacijskih cjevovoda primjenjuje potpuna zamjena staroga kanalizacijskog cjevovoda novim, na klasičan način. Takav zahvat u urbanoj sredini često je predmet raznih javnih prosvjeda i negodovanja.

Naime, primjena navedenog načina obnavljanja kanalizacijskog cjevovoda uzrokuje poremećaj u lokalnom prostoru i samo iskorištavanje tog prostora.

Osim opisanoga klasičnog načina obnavljanja kanalizacijskih cjevovoda postoje novije metode koje ga u svjetskoj praksi sve više zamjenjuju. Te su metode u svjetskoj praksi poznate pod nazivom bezrovovske metode.

Kako je u praksi RH uobičajeno da se za odabir metode rekonstrukcije odnosno sanacije kanalizacijskih cjevovoda uzima isključivo ekonomski kriterij, odnosno cijena investicije, cilj je ovoga rada definirati kriterije i smjernice za donošenje učinkovitih odluka pri izboru tehničkih postupaka rekonstrukcije i sanacije kanalizacijskih cjevovoda primjenom višekriterijske analize.

U tom smislu potrebno je istražiti sve moguće tehnološke postupke rekonstrukcije i sanacije cjevovoda koji se nude na svjetskom tržištu, najvažnije kriterije koji utječu na njihov odabir, njihovu veličinu odnosno težinu, te modele za rangiranje mogućih rješenja za donošenje najpovoljnije odluke.

Sve navedeno primijenit će se na kanalizacijskoj mreži grada Zagreba.

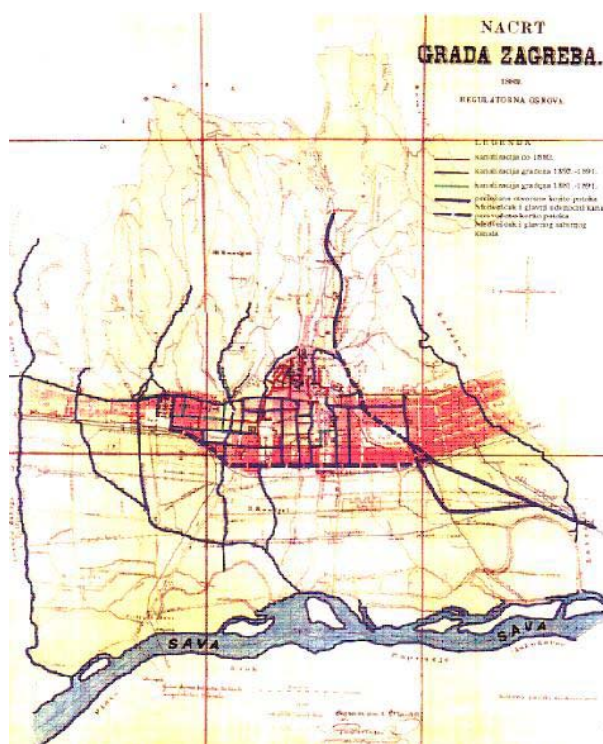
## 2 Oštećenja na kanalizacijskim kolektorima

Grad Zagreb, kao i većina europskih odnosno svjetskih gradova, ima dosta star kanalizacijski sustav koji je u vrlo lošem stanju. Počeci izgradnje kanalizacijskog sustava grada Zagreba datiraju još od 1898. godine (slika 1.).

Kanalizacija grada izgrađivala se u raznim oblicima poprečnog presjeka cijevi, uz primjenu različitih materijala i tehnologija izvedbe.

Stari iskopi govore o primjeni olovnih cijevi i opeke od koje su se zidali kanali i kućni priključci. Opeka je bila veoma kvalitetno pečena, a zidalo se vapnenim mortom, i to solidno, pa su neki kanali još uvijek dobri.

Kasnije se prešlo na cijevi od kamenštine, a s pojavom cementa počele su se izrađivati cijevi od betona ručnim postupkom u drvenim kalupima, nakon čega su se gotove cijevi ugrađivale u kanale i međusobno spajale.



Slika 1. Kanalizacija grada Zagreba izgrađena do 1898.godine [1]

Razvojem industrije i strojogradnje, a posebno pojavom cementa, azbestcimenta i plastike, mijenjaju se načini izgradnje kanala. Kanali se više ne zidaju od opeke, a kamenština ostaje samo za manje kanale i kućne priključke.

Počinje masovna uporaba betona, i to u početku izradom cijevi ili betoniranjem kanala na licu mjesta (profili 60/90 cm), a razvojem industrijske proizvodnje betonskih cijevi počinje primjena gotovih betonskih cijevi prvo jajolikog oblika, a kasnije sve više kružnog oblika.

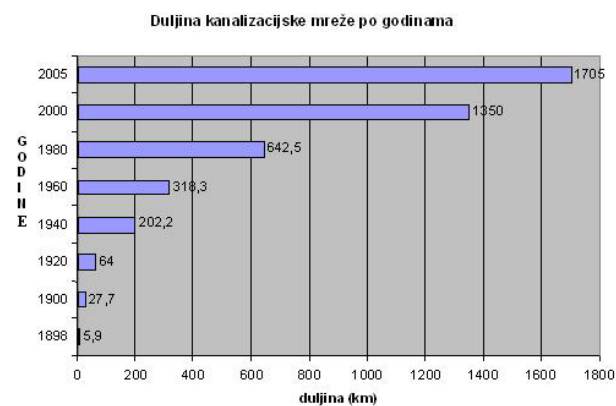
Prednost je jajolikih cijevi, odnosno kanala jajolikog oblika u tome što se u njima za razliku od okruglih cijevi i kod malih protoka vode održava dosta visoka brzina tečenja i punjenja pa se na taj način pospješuje samoispiranje.

S obzirom na način čišćenja kanala malih profila u tome razdoblju, koji je bio ručni bez strojeva, jajoliki su profili bili povoljniji.

Za posebne uvjete odvodnje rabe se razne vrste cijevi: betonske, PVC, poliesterske, polietilenske i sl., ali još je uvijek primjena ovih vrsta cijevi u normalnim uvjetima jako mala i prednost imaju betonske cijevi. Za izgradnju kolektora na području grada Zagreba primjenjuje se polumontažni sustav izgradnje, tako da se dio kolektora izvodi na licu mjesta, a dio su predgotovljeni elementi.

Sustav odvodnje, osim kolektora i kanala, sastoji se još i od revizijskih okana, slivnika te crpnih stanica. Što se tiče revizijskih okana ona se uglavnom grade kao monolitna, tj. izvode se od betona na licu mjesta a nešto malo

ima i montažnih betonskih okana. Osnovni je problem pri tako izvedenim oknima vodopropusnost, koja se u većini slučajeva rješava unutarnjim premazima materijalima koji mogu zadovoljiti uvjet vodonepropusnosti. Sadašnje stanje kanalizacijskog sustava grada Zagreba prikazano je tablično kao kronološki prikaz izgradnje kanalizacijske mreže od 1898. pa do 2005. godine. (slika 2.).



Slika 2. Kronologija izgradnje kanalizacijske mreže grada Zagreba

Zbog slabe kontrole (samokontrola ili loša izvedba, starenje, korozija, utjecaj prometa i itd.) pri polaganju kanalizacijskih cjevovoda, i u prošlosti i danas, ima mnogo cijevi, kanala i slivnika koji su pred urušavanjem ili se već sada urušavaju.

Najčešća oštećenja odnosno kvarovi na kanalizacijskoj mreži grada Zagreba jesu:

- mehanička istrošenost (pohabanost dna kanala)
- korozija
- pukotine
- napuknuće cijevi (ugrožena statička stabilnost kanala)
- prodor raslinja odnosno korijenja u kanal
- infiltracija vode (u kanal i iz kanala).

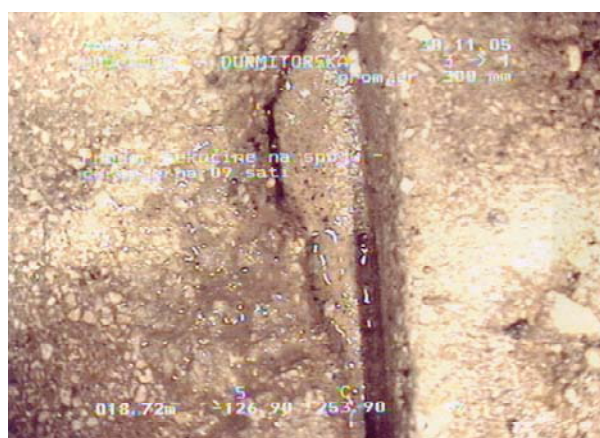
Na slikama 3., 4., 5. i 6. prikazat će se neka od navedenih oštećenja.



Slika 3. Prodor raslinja odnosno korijenja u kanal



Slika 4. Pukotina na stijenci cijevi



Slika 5. Mehanička istrošenost (pohabanost dna kanala)



Slika 6. Infiltracija vode u kanal

Procjena odgovornih osoba iz trgovačkog društva Vodoopskrba i odvodnja d.o.o. pokazuje kako je stanje toliko loše da je teško procijeniti koliko bi novca trebalo uložiti za obuhvatnu obnovu zagrebačkog sustava odvodnje.

Ako bi se dotrajala kanalizacijska mreža u gradu Zagrebu sanirala odnosno rekonstruirala samo primjenom klasičnog načina, onda bi za to trebalo izdvojiti velika nov-

čana sredstava pa bi to mogao biti jedan od najskupljih i najopsežnijih građevinskih projekata ne samo u gradu, nego i u cijeloj zemlji.

### 3 Metode sanacije

Danas se od tehničkih postupaka sanacije i rekonstrukcije kanalizacijskih cjevovoda primjenjuju konvencionalne (klasične) i nekonvencionalne (bezrovovske) metode.

Obnavljanje kanalizacijskih cjevovoda konvencionalnim metodama temelji se na potpunoj zamjeni dotrajaloga kanalizacijskog cjevovoda s iskopom rova duž cijele trase, vađenju dotrajalog cjevovoda te ugradnji novog cjevovoda.

Nekonvencionalne (bezrovovske) metode temelje se na principu sanacije bez iskapanja, odnosno saniranje cjevovoda kroz postojeća revizijska okna, odnosno s neznatnim iskopima na početku sanacije. Ove se metode mogu podijeliti u nekoliko grupa:

1. tijesna ugradnja cijevi (*close-fit-lining*)
2. uklizivanje (*sliplining*)
3. nanošenje obloge (*spray lining*)
4. lokalni popravci i zatvaranje pukotina (*local repairs and crack grouting*)
5. nova cijev formirana u staroj (*cured-in-place pipe, CIPP*)
6. izravna zamjena (*on-line replacement*)
7. raketna krtica i uguravanje (*impact moling and ramming*)
8. usmjereno bušenje (*directional drilling*)
9. utiskivanje i mikrotuneliranje (*pipejacking and microtunneling*).

### 4 Metode višekriterijske analize i relevantni kriteriji za analizu

Postoje brojne metode koje se primjenjuju pri višekriterijskoj analizi za rješavanje određenih problema, posebno su poznate metode PROMETHEE, ELEKTRA, VIKOR, AHP i DECISION LAB. Za svaku ovu metodu značajni su sljedeći aspekti:

- kvantifikacija kvalitativnih atributa
- modifikacija atributa istog kriterija
- normalizacija i linearizacija atributa i
- definiranje težinskih koeficijenata kriterija.

U ovome radu bit će prikazana primjena metode Anali-tički hijerarhijskih procesa (AHP). Radi lakše primjene metode na nekom konkretnom primjeru razvijen je originalni program iz razreda sustava za podršku odlučivanju Expert Choice.

Da bi se mogla prikazati analiza osjetljivosti unutar AHP metode popis relevantnih kriterija i pripadajućih potkriterija poslužit će za simulacije u navedenom programu za usporedbu dviju metoda, a to su:

1. EKONOMSKI KRITERIJ
2. TEHNIČKI KRITERIJ:
  - ekonomski gubitak u lokalnim trgovinama i poslovnim prostorima
  - smetnje i obustava prometa
  - vrijeme trajanja radova
3. EKOLOŠKI KRITERIJ:
  - utjecaj buke
  - utjecaj na očuvanje okoliša
4. SOCIJALNI KRITERIJ:
  - utjecaj medija
  - utjecaj javnosti
5. POLITIČKI KRITERIJ

Navedeni su kriteriji ocijenjeni na osnovi vlastite procjene, a u praksi bi se za svaki kriterij trebala provesti detaljna analiza određene skupine stručnjaka koji bi dali ocjenu za pojedini kriterij i na temelju tako detaljne analize bila bi provedena analiza osjetljivosti i usporedba dviju metoda.

### 5 Primjeri primjene višekriterijske analize u odabiru metode sanacije kanalizacijske mreže u Zagrebu

*Primjer1. – Sanacija javnog kanala u Vončininoj ulici*

Vončinina je ulica smještena u središte grada Zagreba. U toj se ulici nalazi javni kanal jajolikog profila 60/90 cm koji je izgrađen 1908., star je gotovo 100 godina. Uz ulicu su smještene stambene i poslovne zgrade, KBC Šalata i Medicinski fakultet. Što se tiče prometne organiziranosti ulica je dvosmjerna i većim dijelom ima parkirališnu zonu s napolatom.

Kanal treba sanirati zbog starosti, mehaničke istrošenosti (pohabanost dna kanala), pukotina i infiltracija vode u kanal i iz kanala (ugrožena je vodopropusnost).

Da bi se mogla provesti višekriterijska analiza moraju se definirati navedeni kriteriji.

Na temelju troškovnika za klasičnu i bezrovovsku metodu i makroskopskog modela prometa za grad Zagreb, koji je izradio Građevinski fakultet – Zagreb u sklopu projekta: «Studija izvodljivosti i opravdanosti cestovnog tunela kroz Medvednicu i pratećih objekata» dobivene su vrijednosti prikazane u sljedećim tablicama (tablica 1. za Vončininu ulicu i tablica 2. za Boškovićevu ulicu).

Tablica 1. Prikaz troškova za klasičnu i bezrovovsku metodu sanacije javnog kanala u Vončininoj ulici

Metode sanacije	Cijena radova na temelju troškovnika	Posvećenje troškova nastalih zbog zastoja u prometu	Ukupna cijena investicije
Klasična metoda	6.488.300,00	1.017.500,00	<b>7.505.800,00</b>
Bezrovovska metoda	8.389.019,00	226.111,00	<b>8.615.130,00</b>

Primjer 2. – Sanacija javnog kanala u Boškovićevoj ulici

Boškovićeva je ulica u središtu grada Zagreba. U ulici se nalazi javni kanal jajolikog profila 60/90 cm koji je izgrađen 1906. godine, dakle star je 100 godina. Uz ulicu su smještene stambene i poslovne zgrade. Što se tiče prometne organiziranosti ulica je jednosmjerna s tri prometna traka i ima parkirališnu zonu s naplatom.

Predmetni kanal treba sanirati radi sljedećeg: starosti, mehaničke istrošenosti (pohabanost dna kanala), pukotina i infiltracija vode u kanal i iz kanala (ugrožena je vodoopropusnost).

Tablica 2. Prikaz troškova za klasičnu i bezrovovsku metodu sanacije javnog kanala u Boškovićevoj ulici

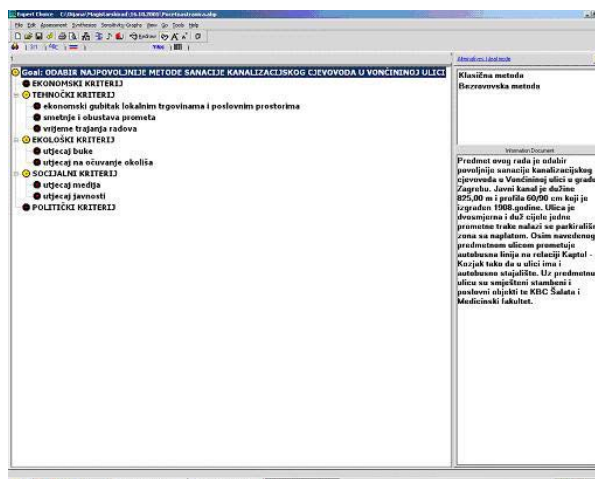
Metode sanacije	Cijena radova temeljem troškovnika	Povećanje troškova nastalih zbog zastoja u prometu	Ukupna cijena investicije
Klasična metoda	2.997.116,00	1.015.186,00	<b>4.012.302,00</b>
Bezrovovska metoda	3.646.585,00	225.597,00	<b>3.872.182,00</b>

Kad se troškovima iz troškovnika dodaju troškovi nastali zbog zastoja u prometu vidi se sljedeće:

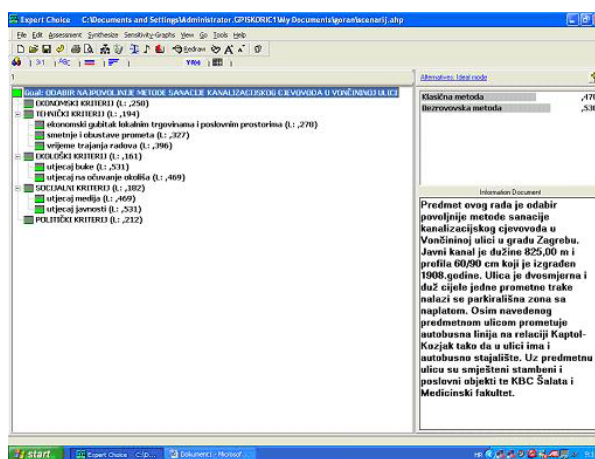
- Vončinina ulica - prednost u cijeni znatno se smanjila
- Boškovićeva ulica – prednost u cijeni već je na strani bezrovovske metode.

Analiza osjetljivosti na pojedine nemjerljive kriterije napraviti će se samo za Vončininu ulicu jer kod Boškovićeve se ulice vidi kako je dovoljno da se, uzimajući u obzir zastoj u prometu, prednost daje bezrovovskoj metodi.

Na slici 7. prikazani su ulazni parametri odnosno kriteriji, kratko je opisan zahvat te navedene mogućnosti koje se uspoređuju. Prikazani su parametri ocijenjeni na temelju vlastite procjene, a u praksi bi se za svaki kriterij trebala provesti detaljna analiza određene skupine stručnjaka koja bi dala ocjenu za pojedini kriterij i na osnovi tako detaljne analize bila bi provedena analiza osjetljivosti i usporedba dviju metoda.

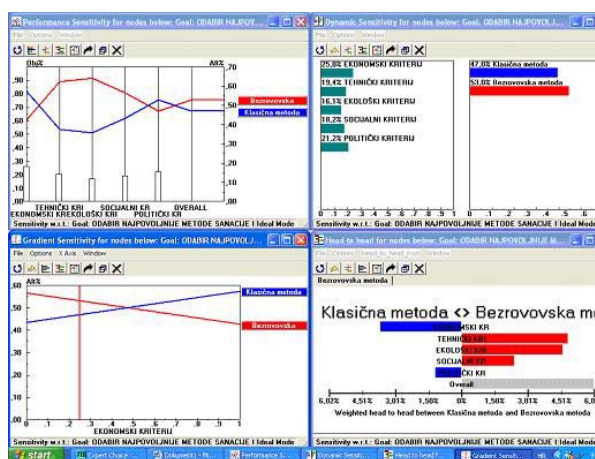


Slika 7. Prikaz ulaznih parametara i alternativa



Slika 8. Prikaz težinskih udjela svih kriterija

Na slici 8. prikazani su težinski udjeli svakog kriterija na temelju kojih je provedena analiza osjetljivosti.



Slika 9. Prikaz dobivenih rezultata gledano sa stajalište svih kriterija

Na slici 9. prikazani su dobiveni rezultati gledano sa stajališta svih kriterija.

Na temelju ovako dobivenih rezultata može se konstatirati gledano sa stajališta svih kriterija u usporedbi dviju metoda sanacije kanalizacijskog cjevovoda da u Vončininoj ulici prednost ima bezrovovska metoda i to u postocima iznosi:

KLASIČNA METODA	47 %
BEZROVOVSKA METODA	53 %

## 6 Zaključak

Iz obrađenih primjera može se zaključiti da ako se uzmu u obzir indirektni troškovi odnosno kriteriji koji se ne mogu novčano iskazati, a koji se u praksi uglavnom zanemare ili izostave, prednost ima bezrovovska tehnologija. Ta se prednost ogleda u skraćenju vremena trajanja

radova, smanjivanju smetnji od gradilišta (gradski promet), izbjegavanju rizika prekidanja drugih postojećih komunalnih instalacija, smanjivanju velikih zemljanih radova, transporta i ugradnje repromaterijala odnosno općenito jednostavniji su uvjeti rada s manje mogućnosti neočekivanih zastoja ili drugih događaja uzrokovanih vanjskim utjecajima.

Dakle primjenom višekriterijske analize koja nam daje jasniju sliku o stvarnom stanju na terenu, jer u obzir uzima sve relevantne kriterije, klasični način sanacije dotrajanih cjevovoda valja što više izbjegavati u gradskim urbanim sredinama, ali ga i dalje primjenjivati u područjima izvan grada gdje je još uvijek isplativiji, a prednost dati bezrovovskim tehnologijama.

## IZVORI

### a) Publikacije

- [1] Monografija *Kanalizacija grada Zagreba od 1892. do 1992.*, Trgovačko društvo Vodoopskrba i odvodnja d.o.o., Zagreb, 1992.
- [2] Elzink, W. J.; Schuurmans, J.: *Lining with Plastics Pipes – Experiences from Europe*, Trenchless Asia, ISTT Conference, Singapore, 1995.
- [3] Opricović, S.: *Višekriterijska optimizacija*, Naučna knjiga – Građevinski fakultet, Beograd 1996.
- [4] Margeta, J.: *Kanalizacija naselja*, Split 1998.
- [5] Ashdown, C.; Elzink, W. J.; Gumbel, J.: *Guidance on the classification and design of plastics piping systems used for renovation*, NO-DIG 99, ISTT Conference, Budapest, 1999.
- [6] Atkinson, K.: *Sewer Rehabilitation Techniques*, Subterra Systems, 2000.
- [7] Jack, Q. Zhao, Balvant Rajani: *Construction and Rehabilitation Costs for Buried Pipe with a Focus on Trenchless Technologies*, Ottawa, Canada, 2002.
- [8] *Strateški planovi razvoja djelatnosti Vodoopskrbe i odvodnje grada Zagreba*, Zagreb lipanj 2004.
- [9] *GIS - Kanalizacije grada Zagreba*, Zagreb 2005.

### b) Ostalo

- [10] Standardi za realizaciju programa društveno usmjerene individualne stambene izgradnje u Zagrebu, Urbanistički zavod grada Zagreba, Zagreb 1983 – 1990.
- [11] ISO, International Organisation for Standardisation, "Techniques for Rehabilitation of Pipeline systems by the use of Plastics Pipes and their constituents" , ISO TR 11295, Geneve, 1992.
- [12] Pravilnik o graničnim vrijednostima pokazatelja opasnih i drugih tvari u otpadnim vodama, N.N. 40/99
- [13] CEN, European Committee for Standardization, "Guidance on the classification and design of plastics piping systems used for renovation", prEN 13689, Brussels, 2000.
- [14] International Society for Trenchless Technology, ISTT Guidelines, London, UK, 2000.
- [15] Pravilnik o održavanju javne kanalizacije na području grada Zagreba, Trgovačko društvo "Vodoopskrba i odvodnja"d.o.o., Zagreb, 2000.
- [16] Pravilnik o izmjenama i dopunama pravilnika o graničnim vrijednostima pokazatelja opasnih i drugih tvari u otpadnim vodama, N.N. 06/01 i N.N. 14/01,
- [17] Pravilnik o agresivnosti otpadnih voda koje se smiju upuštati u javnu kanalizaciju na području grada Zagreba, Gl. Zagr. županije 06/05)