

# POVIJEST, RAZVOJ I ODRŽAVANJE SUSTAVA ODVODNJE GRADA ZAGREBA

---

**Zlomislić, Branko**

**Undergraduate thesis / Završni rad**

**2022**

*Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj:* **Karlovac University of Applied Sciences / Veleučilište u Karlovcu**

*Permanent link / Trajna poveznica:* <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:128:406828>

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

*Download date / Datum preuzimanja:* **2025-01-31**



**VELEUČILIŠTE U KARLOVCU**  
Karlovac University of Applied Sciences

*Repository / Repozitorij:*

[Repository of Karlovac University of Applied Sciences - Institutional Repository](#)



zir.nsk.hr



DIGITALNI AKADEMSKI ARHIVI I REPOZITORIJI

Veleučilište u Karlovcu  
Odjel sigurnosti i zaštite  
Stručni studij sigurnosti i zaštite

Branko Zlomislić

**POVIJEST, RAZVOJ I ODRŽAVANJE  
SUSTAVA ODVODNJE GRADA  
ZAGREBA**

ZAVRŠNI RAD

Karlovac, 2022.

Karlovac University of Applied Sciences  
Safety and Protection Department  
Professional undergraduate study of Safety and Protection

Branko Zlomislić

**HISTORY, DEVELOPMENT AND  
MAINTENANCE OF THE DRAINAGE  
SYSTEM OF THE CITY OF ZAGREB**

FINAL PAPER

Karlovac, 2022.

Veleučilište u Karlovcu  
Odjel sigurnosti i zaštite  
Stručni studij sigurnosti i zaštite

Branko Zlomislić

**POVIJEST, RAZVOJ I ODRŽAVANJE  
SUSTAVA ODVODNJE GRADA  
ZAGREBA**

ZAVRŠNI RAD

MENTOR:

Lidija Jakšić mag.ing.cheming, pred.

Karlovac, 2022.



**VELEUČILIŠTE U KARLOVCU**  
Karlovac University of Applied Sciences

## **VELEUČILIŠTE U KARLOVCU**

Stručni studij: Sigurnosti i zaštite

Usmjerenje: Zaštita na radu

Karlovac, 01.10.2022.

## **ZADATAK ZAVRŠNOG RADA**

Student: Branko Zlomislić

Matični broj: 0248077002

Naslov: **POVIJEST, RAZVOJ I ODRŽAVANJE SUSTAVA ODVODNJE GRADA ZAGREBA**

Opis zadatka:

U radu će biti prikazivana povijesti razvoja i unapređenja sustava odvodnje grada Zagreba, čišćenje i održavanje kanalskog sustava i održavanja kanala. Istraživanje otpadnih voda i mjerenje oborina u sustavu odvodnje grada Zagreba. Kontrola kvalitete otpadnih voda, kao i postupanje kod zagađenja koja se javljaju u sustavu odvodnje.

Zadatak zadan:  
Listopad 2022.

Rok predaje rada:  
Listopad 2022.

Predviđeni datum obrane:  
Listopad 2022.

Mentor:  
Lidija Jakšić, mag.ing.cheming., pred.

Predsjednik Ispitnog povjerenstva:  
dr.sc. Zvonimir Matusinović, v.pred.

## PREDGOVOR

Razmišljajući o temi završnog rada odlučio sam, obzirom da radim u vodoopskrbi i odvodnji, pisati nešto vezano uz tvrtku u kojoj radim.

Obzirom da sam na fakultetu odslušao kolegij Otpadne vode te su predavanja i vježbe u laboratoriju bile izuzetno zanimljive, tema mi se sama od sebe nametnula da pišem o sustavu odvodnje.

Zahvaljujem se svojoj mentorici profesorici Lidiji Jakšić, mag. ing. cheming. pred. na pomoći i savjetima pri izradi ovog završnog rada.

Zahvaljujem se svim profesorima i kolegama na fakultetu zbog pružene podrške prilikom studiranja. Također se zahvaljujem kolegama na poslu na informacijama i pomoći pri prikupljanju literature.

Posebno se zahvaljujem svojoj obitelji, supruzi Ružici i djeci Patriku i Anđeli na podršci i razumijevanju zbog mojih čestih izbivanja od kuće.

## SAŽETAK

Predmet rada je prikazati sustav odvodnje grada Zagreba. Ciljevi rada su istražiti povijest razvoja i unapređenja sustava odvodnje grada Zagreba, čišćenje i održavanje kanalskog sustava i održavanje kanala, otpadne vode grada Zagreba, povijesni prikaz oštećenja kanalizacija od agresivnih otpadnih voda, mjerenje oborina i pritoke u sustavu odvodnje grada Zagreba, kontrola kvalitete otpadnih voda grada Zagreba, postupanje kod zagađenja u sustavu odvodnje.

**Ključne riječi:** sustav odvodnje, povijest odvodnje, otpadne vode, mjerenje oborina, kontrola kvalitete, zagađenje u sustavu

## ABSTRACT

This paper focuses on the drainage system of the city of Zagreb. The aims of the paper are to explore the history and the improvement of the drainage system in Zagreb, cleaning and maintenance of the canal system, waste waters in Zagreb, historical account of the damage to sewers due to aggressive waste waters, rainfall measurement in the drainage system, quality control of the waste waters in Zagreb, and handling of pollution in the drainage system.

**Key words:** drainage system, drainage system history, waste waters, rainfall measurement, quality control, pollution

## SADRŽAJ

ZADATAK ZAVRŠNOG RADA.....	I
PREDGOVOR.....	II
SAŽETAK.....	III
1.UVOD.....	1
1.1.PREDMET I CILJ RADA.....	1
1.2.IZVORI PODATAKA I METODE PRIKUPLJANJA .....	1
2.POVIJEST RAZVOJA I UNAPREĐENJE SUSTAVA ODVODNJE GRADA ZAGREBA .....	2
2.1.RAZVOJ KANALIZACIJE GRADA ZAGREBA.....	2
2.2. IZGRADNJA SUSTAVNE KANALIZACIJE.....	4
2.3.ZNAČAJNI DATUMI U RAZVOJU KANALIZACIJE .....	6
2.4. ČIŠĆENJE I ODRŽAVANJE KANALSKOG SUSTAVA I ODRŽAVANJE KANALA .....	7
2.4.1. ČIŠĆENJE I ODRŽAVANJE KANALSKIH PRIKLJUČAKA.....	8
2.4.2.ČIŠĆENJE I ODRŽAVANJE SLIVNIKA.....	9
3.OTPADNE VODE GRADA ZAGREBA .....	11
3.1.ZAČECI SISTEMATSKIH ISPITIVANJA INDUSTRIJSKIH OTPADNIH VODA... 11	
3.2. KLASIFIKACIJA OTPADNIH VODA.....	12
3.3.POVIJESNI PRIKAZ ONEČIŠĆENJA KANALIZACIJE OD AGRESIVNIH OTPADNIH TVARI .....	14
3.4.KONTROLA KVALITETE OTPADNIH VODA GRADA ZAGREBA .....	17
3.4.1.UZORKOVANJE I ANALIZA OTPADNIH VODA.....	18
3.4.2.TEHOLOGIJA PROČIŠĆAVANJA UZ IZRADU OSNOVNE SNIMKE OTPADNIH VODA INDRUSTRIJE .....	19
4.MJRENJE OBORINA I PROTOKE U SUSTAVU ODVODNJE GRADA ZAGREBA .. 22	
4.1.SUVREMENI NAČIN MJERENJA.....	22
4.2.DALJINSKI NADZOR MJERAČA PROTOKE I OBORINE NA SUSTAVU ODVODNJE.....	24
4.3. ONEČIŠĆENJE U SUSTAVU ODVODNJE .....	26
4.4.POSTUPANJE KOD ZAGAĐENJA U SUSTAVU ODVODNJE.....	27
5. ZAKLJUČAK .....	29
6. LITERATURA .....	30
7. PRILOZI.....	31
7.1. POPIS SIMBOLA.....	31
7.2. POPIS SLIKA .....	31



7.3. POPIS TABLICA.....	31
-------------------------	----

# 1.UVOD

Gradnjom sustava odvodnje već u 19.stoljeću Zagreb se uvrstio u red suvremenih europskih metropola ostavljajući u naslijeđe budućim generacijama prostor za razvoj i širenje. Vodoopskrbni sustav i sustav odvodnje osnovni su uvjet života grada i njegova daljnjeg razvoja. Kroz gradnju sustava odvodnje se mnogo ulagalo s ciljem da se poveća komunalni standard građana grada Zagreba. Stalno širenje sustava uvjetovano je potrebama grada koji stalno raste pa će tako i u sadašnjoj i budućoj gospodarskoj i razvojnoj politici grada Zagreba istaknuto mjesto zauzimati stvaranje potrebnih uvjeta za kvalitetno funkcioniranje i daljnji razvoj sustava vodoopskrbe i odvodnje.[1]

## 1.1.PREDMET I CILJ RADA

Predmet završnog rada je prikazati sustav odvodnje grada Zagreba. Ciljevi rada su istražiti povijest razvoja i unapređenja sustava odvodnje grada Zagreba, čišćenje i održavanje kanalskog sustava i održavanje kanala, otpadne vode grada Zagreba, povijesni prikaz oštećenja kanalizacija od agresivnih otpadnih voda, mjerenje oborina i pritoke u sustavu odvodnje grada Zagreba, kontrola kvalitete otpadnih voda grada Zagreba, postupanje kod zagađenja u sustavu odvodnje.

## 1.2.IZVORI PODATAKA I METODE PRIKUPLJANJA

Podatke koji su potrebni za pisanje ovog rada prikupljeni su od Zagrebačke vodoopskrbe i odvodnje. Za pisanje su korištene monografije pisane tijekom godina rada firme te interni akti tvrtke kao što je operativni plan za provedbu mjera za slučaj izvanrednih i iznenadnih zagađenja na području aglomeracije Zagreba.

## 2. POVIJEST RAZVOJA I UNAPREĐENJE SUSTAVA ODVODNJE GRADA ZAGREBA

Povijest imena grada Zagreba seže još u 1094. godinu kada se spominje osnivanje biskupije koju je osnovao ugarski kralj Ladislav. Obzirom da se biskupije osnivaju tamo gdje postoji veće naselje možemo zaključiti i da je prije Kaptola tu postojalo veće naselje ili grad. Tijekom godina i stoljeća grad se širio i došlo je do potrebe da se izgradi kanalizacija. [1]

### 2.1. RAZVOJ KANALIZACIJE GRADA ZAGREBA

Počeci izgradnje kanalizacije nisu obilježeni nekim značajnim datum i objektom, već su vezani za potrebu odvođenja otpadnih voda izvan prvih naselja, ovisno o prostornom razvoju samih naselja-gradova, osiguranju higijenskih uvjeta i zaštite zdravlja, razvoju urbane civilizacije i kulture življenja. Činjenica je da su davno kroz stojeća izgrađeni stari kanali Griča i Kaptola, a u starim dokumentima spominju se kanali iz kuće Seminara i Požgajeve ulice. [1]

Ovi srednjovjekovni gradovi-preteče današnjeg grada izgrađeni su na povišenim obroncima Medvednice dok su potoci Tuškanac i Medveščak bili recipijenti za odvodnju otpadnih i oborinskih voda grada. [1]

U 19. stoljeću grad se širi i na svoje predgrađe-Donji grad, odnosno na područje do željezničke pruge. Pored učestalih poplava vodama brdskih potoka, ugrožavan je i utjecajem visokih voda rijeke Save. Znatno su pogoršane i sanitarne prilike. Potoci su svojim tokom prihvaćali i otpadne vode iz objekata i ulica mimo kojih protječu. Ljeti kad potoci presuše dolazilo je do razgradnje otpadnih tvari-taloga, smrada, zagađenja okoliša i podzemlja. Nastale teškoće bile su uzrokom čestih rasprava i inicijativa kojima se potiče izgradnja kanalizacije. [1]

Nakon izgradnje prvog vodovoda 1878.godine pristupa se 1880.godine prvom popisu svih dotada poznatih kanala (ukupne dužine 4.190m-34 ulice) i uvodi se tehnička evidencija. Svi ovi kanali izgrađivani su u raznim danas neuobičajenim, presjecima zidanjem opekom u živom vapnu ili djelomično kamenim zidom, te su bili vrlo plitko položeni. [1]

Slika 1. prikazuje vrijeme velikih kanalizacijskih radova u Zagrebu- gradnju kanala na Jelačićevom trgu 1898. godine.



Slika 1. Gradnja kanala na Jelačićevom trgu 1898.godine [2]

## 2.2. IZGRADNJA SUSTAVNE KANALIZACIJE

Izgradnja sustavne kanalizacije počinje 1892. godine i razvija se usporedno s razvojem grada, da bi nakon stagnacije za vrijeme drugog svjetskog rata izgradnja kanalizacije zaostala za naglim razvojem grada. Razvojem i širenjem grada ukazala se potreba za premještanjem glavnog odvodnog kanala s ušćem na nizvodnijem dijelu rijeke Save, a što je učinjeno. U vrijeme poslijeratne obnove, razvoj kanalskog sustava grada naglo raste, da bi se 1953. godine, izgradnjom novog Velesajma na desnoj obali rijeke Save i širenjem grada na toj obali, počeo razvijati i zasebni kanalski sustav tog dijela grada.[2]

Današnja kanalizacija grada ima oko 1.600 km kolektora, sabirnih kanala i mreže kanala. Od ukupnog gradskog područja, kanalizacijskim sustavom pokriveno je približno 90 % površine odnosno 120.000 građana nema priključak za odvod otpadnih voda. [2]

Bez ove važne sanitarno-zdravstveno-komunalne instalacije uglavnom su podsljemenska naselja, periferna naselja na istočnom i zapadnom dijelu grada te zapadni i jugozapadni dijelovi Novog Zagreba.[2]

Rasprostranjenost kanalske mreže zaostaje za širenjem gradskog područja, kao i za rasprostranjenosti vodovodne mreže.[2]

Planske postavke za razvoj kanalizacijskog sustava dala je Vodoprivredna osnova grada Zagreba 1982. godine. Ona je prihvatila postavke i rješenja iz niza elaborata s razine idejnih projekata koji su kao konceptijska rješenja prije izrađeni i koji su predstavljali za to vrijeme optimalno rješenje problematike odvodnje, odnosno kanalizacije. Tu se u prvom redu misli na "Idejni projekt kanalizacije Zagreb - lijeva obala" koji je obradio problematiku odvodnje na čitavom području grada od Podsuseda na zapadu do Sesveta na istoku. Desetak godina poslije izrađen je "Idejni projekt odvodnje zapadnog dijela grada Zagreba", koji detaljno obrađuje zapadni dio grada, odnosno područje zapadno od potoka Čnomerec do Podsuseda, s naročitim osvrtom na dodatni paralelni kolektor uz sadašnju Ljubljansku i Slavonsku aveniju u Zagrebu nazvanu "Autoput", koji bi se

trebao izgraditi paralelno s postojećim od Jankomira do glavnog odvodnog kanala i na varijantno rješenje sa preljevom u rijeku Savu kod Črnomerca. Naknadno je izrađen i "Idejni projekt kanalizacije Zagreb - istok", koji detaljnije razmatra područje grada od potoka Bliznec na istok do Sesveta, a u svjetlu novih urbanističko-planskih postavki za uređenje i izgradnju ovog područja. [2]

Razumije se, da za središnji dio gradskog područja od potoka Črnomerec do Blizneca na istoku vrijede i dalje postavke i rješenja iz osnovnog odnosno idejnog projekta iz 1970. godine.[2]

Problemikom odvodnje, odnosno kanalizacije gradskog područja južnog Zagreba bave se "Generalno rješenje kanalizacije Zagreba i okolice, desna obala Save" te "Idejni projekt kanalizacije na desnoj obali Save".[2]

Do određenih izmjena u osnovnoj koncepciji razvoja izgradnje sustava odvodnje odnosno kanalizacije, koja je prezentirana i prihvaćena navedenim elaboratima, često puta došlo je do poboljšanja rješenja kod detaljnije razrade pri izradi dokumentacije višeg ranga.[2]

Također je i "Idejni projekt dijela kanalizacije grada Zagreba, knjige B, C, D, E" (1984. god.) detaljnije razradio ili sasvim izmijenio prijašnju koncepciju distribucije kanalskih voda iz kolektora Sesvete, te transport otpadnih voda iz južnog Zagreba do centralnog uređaja za pročišćavanje otpadnih voda, a s tim u svezi i kanalizacijsku mrežu na Žitnjaku.[2]

Sva konceptijska rješenja i postavke iz navedenih elaborata, idejnih ili izvedbenih projekata kanalizacije te dopuna i izmjena, usvajaju i sadržavaju Vodoprivredna osnova i Generalni urbanistički plan grada Zagreba, pa se prema njima gradi i razvija kanalizacijski sustav.[2]

Kako je od izrade navedenih idejnih projekata prošlo dosta vremena, a razvoj znanstvenih i stručnih spoznaja, te kompjutorske tehnike značajno napredovao, pristupilo se izradi Projekta Optimalizacije Kanalizacijskog Sustava grada Zagreba (POKS), podjeljenog u više etapa, s tim da je početak I etape započeo 1994. godine, a danas je pred okončanjem i III etapa POKS-a, gdje je modelom obuhvaćeno približno 1500 km kolektora, sabirnih kanala i kanalske mreže

naselja. Ovim projektom pored analize postojećeg stanja predviđa se provesti i novelacija koncepcije razvoja, te izraditi model upravljanja sustavom odvodnje grada Zagreba u realnom vremenu, a što je i temeljni cilj razvojne politike ovog poduzeća. U sklopu POKS-a pokrenuto je niz aktivnosti pri čemu treba napomenuti izradu GIS-a odvodnje grada Zagreba, sustavno mjerenje protoke sofisticiranom opremom u kanalizaciji na 21-om mjernom mjestu i mjerenje palih oborina na 5 kišomjernih stanica. [1]

Potrebno je naglasiti da se sustav kanalizacije uvijek, izuzev perioda poslijeratne obnove izgrađivao prema određenom koncepcijskom rješenju - osnovi, za razliku od nekih drugih komunalnih sustava grada, pa je i ideja za novelacijom odnosno izradom projekta Optimalizacije sustava potekla iz Sektora odvodnje.[1]

Također je nužno napomenuti da je do sada kanalizacija izgrađivana s gravitacijskim režimom tečenja, podređena uzdužnom padu dna (nivelete kanala) i da je kao komunalni objekt u smislu prostornog vođenja najkruća instalacija te najskuplja u realizaciji - izgradnji. [1]

### 2.3.ZNAČAJNI DATUMI U RAZVOJU KANALIZACIJE

U tablici 1. u nastavku prikazani su značajni datumi u razvoju kanalizacije grada Zagreba. [1]

Tablica 1. Značajni datumi u razvoju kanalizacije [1]

GODINA	VAŽNI DOGAĐAJ
1880.	inicijative za izgradnju kanalizacije
1892.	izrađena projektna dokumentacija i početak intenzivne izgradnje
1930.	izgradnja glavnog odvodnog kanala (GOK) s ušćem u rijeku Savu kod Ivanje Reke
1953.	početak izgradnje kanalizacije Novog Zagreba

1970.	izrađen idejni projekt kanalizacije grada Zagreba, područje na lijevoj obali rijeke Save
1973.	izrađen investicioni program uređaja za pročišćavanje otpadnih voda grada Zagreba
1974.	izrađen idejni projekt kanalizacije grada Zagreba - Novi Zagreb
1975.	izrađena je idejna studija tehnološkog procesa pročišćavanja otpadnih voda grada Zagreba
1980.	izrađena je idejno rješenje uređaja za pročišćavanje otpadnih voda grada Zagreba
1982.	izrađena i prihvaćena vodoprivredna osnova grada Zagreba
1983.	dovršeno nizvodno produženje glavnog odvodnog kanala s ušćem u rijeku Savu kod Hrušćice
1994.	početak optimizacije kanalizacijskog sustava grada Zagreba
1999.	okončanje II etape projekta optimalizacije kanalizacijskog sustava grada Zagreba
2002.	početak izgradnje centralnog uređaja za pročišćavanje otpadnih voda grada Zagreba
2003.	početak sustavne sanacije kanalizacijskog sustava grada Zagreba

#### 2.4. ČIŠĆENJE I ODRŽAVANJE KANALSKOG SUSTAVA I ODRŽAVANJE KANALA

Čišćenje i održavanje kanalskog sustava odvodnje grada Zagreba kao osnovne djelatnosti Sektora odvodnje podijeljeno je prema području u tri cjeline (sekcije). Zapadna "sekcija" obuhvaća područje Područnih ureda Susedgrad, Črnomerec, Centar i Medveščak. Istočna "sekcija" obuhvaća područje Područnih ureda Maksimir, Dubrava, Peščenica i Sesvete. Južna "sekcija" obuhvaća područje Područnih ureda Trnje, Trešnjevka i Novi Zagreb.



Kako je na području grada usvojen mješoviti tip odvodnje osnovna djelatnost svake "sekcije" je: - Čišćenje i održavanje zatvorenih kanala i taložnica čišćenje i održavanje slivnika čišćenje i održavanje presvođenih potoka za odvodnju oborinskih voda u sklopu kanalskog sustava, čišćenje i održavanje kanalskih priključaka kao ispomoć Odjelu hitnih intervencija i Odjelu izgradnje i rekonstrukcije priključaka i kanala. [3]

Čišćenje zatvorenih kanala prema veličini dimenzija kanala izvodi se na dva načina:

Do dimenzija kanala 60/90 cm za jajolike odnosno 0 100-120 cm za okrugle profile isključivo strojnim načinom, što podrazumijeva upotrebu uređaja - vozila za ispiranje Jetmaster koji talog u kanalu uzdužno dovlači pod pritiskom vodenog ulaza odgovarajuće mlaznice u reviziono okno. Iz revizionog okna drugi uređaj vozilo za usisavanje Vacuummaster pod pritiskom usisava talog i tekući otpad te ga kao neopasni materijal transportira na gradsku planirku.[3]

Dimenzija kanala veća od 0 60/90 cm odnosno 0 100-120 cm kao i taložnice, čišćenje obavlja se kombinirano radnom snagom i uređajem za usisavanje Vacuummaster. Ovaj način rada iziskuje velike fizičke napore jer uz ograničen prostor, radnik ručno krampom i lopatom kruti materijal i talog dovlači do usisne cijevi uređaja - vozila za usisavanje. [3]

Svako čišćenje kanala i taložnica potencijalna je opasnost za infekciju jer su radnici u dodiru sa vozilom, alatom odnosno visokotlačnim crijevima koji na svojoj površini i tlakom vode raspršuju česti će sadržaja iz kanala odnosno taložnice. Uz ovu opasnost tu je prisutna zagušljivost i eksplozivnost (koncentracija raznih plinova).[3]

#### 2.4.1. ČIŠĆENJE I ODRŽAVANJE KANALSKIH PRIKLJUČAKA

Kao ispomoć Odjelu hitnih intervencija "sekcije" obavljaju čišćenje i održavanje kanalskih priključaka tamo gdje je to s obzirom na veličinu uređaja - vozila moguće. Isti radovi se obavljaju na kanalskim priključcima profila većeg od 20 cm

(veći objekti, industrija itd.) jer vozila Odjela hitnih intervencija na takovim većim profilima nisu učinkovita.[2]

Prilikom izvođenja rekonstrukcije - popravaka kanalskih priključaka i kanala "sekcije" pružaju usluge uređajima - vozilima Odjelu izgradnje i rekonstrukcije kanalskih priključaka i kanala (slika 2.).[2]



Slika 2. Odčepeljivanje kanalskog priključka [2]

#### 2.4.2. ČIŠĆENJE I ODRŽAVANJE SLIVNIKA

Slivnik (vodolovno grlo) služi za prihvatanje oborinskih voda s javno prometnih površina, a u gradu ih je izgrađeno oko 45.000 komada.

Njihov broj se stalno mijenja ovisno o novoizgrađenim ulicama, parkiralištima te manjem broju ukinutih slivnika. Svaki slivnik u svom cilindru (cijevi) ima taložnik u koji se taloži materijal (pijesak, lišće i dr.) koji voda donese prilikom oborina. Slivnik u kojemu se vidi voda je ispravan jer je to dokaz da je vodonepropusan i

nije štetan za okoliš. Iznad taložnika priključnim kanalom slivnik je spojen na kanalski sustav. Programom čišćenja slivnika obuhvaćeni su svi slivnici od kojih se po prioritetu (ulice oko bolnica, autobusnim i tramvajskim prometom neki čiste i dva puta godišnje. Na poziv građana obavlja se i interventno čišćenje).[2]

Čišćenje se obavlja uređajem - vozilom za usisavanje Vacuumaster (slivničar) koji vakum crpkom usisava materijal iz slivničkog taložnika, a novija generacija vozila ima i tanko visokotlačno crijevo s čijom se mlaznicom vrši čišćenje - probijanje i provjera priključnog kanala. Isto vozilo usisani materijal transportira na gradsku planirku. Izgradnjom i rekonstrukcijom instalacija plina, telefona, struje i dr. dolazi do izvjesnog broja presijecanja kanalskih priključaka slivnika te su isti neupotrebljivi. Svake godine u gradu se izvode rekonstrukcije - popravci takovih i slivnika koji imaju druga oštećenja (cilindara, slivničke rešetke i dr.)[2]

Karakteristika je za čišćenje zatvorenih kanala, taložnica i slivnika da u pojedinim dijelovima grada (centralni i prometni dio) isto se može obavljati samo noću što iziskuje pojačani napor i oprez (postava signalizacije ili zahtjev za regulaciju prometa, angažiranje "pauka" za uklanjanje parkiranih osobnih vozila) kako bi se postigli zadovoljavajući rezultati.[2]

Rad "sekcija" na gore opisanim radovima odvija se u tri smjene s napomenom da isti radnici pružaju usluge koje vanjski naručioc (tvrtke, društva, industrija i dr.) naručuju putem narudžbenica te se tako učestvuje u ostvarenju dobiti.

U zimskom periodu "sekcije" organizirano sudjeluju u gradskoj "maloj zimskoj službi" na čišćenju stepenica u užem centru i oslobađanju snijegom zatrpanih i zaleđenih slivnika.[2]

### 3.OTPADNE VODE GRADA ZAGREBA

Drastičnim porastom vrsta i količina onečišćenja svjetska javnost postala je osjetljiva na pitanje odnosa vlasti prema zaštiti okoliša, u sklopu gospodarskih programa. Te okolnosti su dovele do stvaranja posebnih grupacija poznatih pod nazivom „zeleni“. Istovremeno su se pojačale aktivnosti profesionalnih stručnjaka za ekologiju. Ovaj krug zatvaraju propisi, laboratorije, inspekcije a pohrana svih podataka služi naplati, sudu ili kazni. Razumijevanje svih problema i njihovo rješavanje nužan je uvjet da se kasni zagađivač, ali isto tako da se ne napada industrija za koju se misli da predstavlja opasnost iako to ne odgovara činjenicama. Zaštita voda jedan je od najvažnijih zahtijeva suvremene ekologije. Potreba za kemijskom, tehnološkom i biološkom kontrolom otpadnih voda pojavila se vrlo rano a kasnije je nadopunjena zaštitom vodocrpilišta kako i se za ljudsku uporabu sačuvala zdrava pitka voda, jedan od osnovnih uvjeta života na zemlji. Na zagrebačkom području na zaštiti rijeke Save počeo se raditi u drugoj polovini prošlog stoljeća. [2]

#### 3.1.ZAČECI SISTEMATSKIH ISPITIVANJA INDUSTRIJSKIH OTPADNIH VODA

Prva sistematska ispitivanja zagađenja Save izvršena su u razdoblju od 1933.-1936. godine i od 1960.godine nadalje. Prva sistematska istraživanja kanalskih voda grada Zagreba provela je Škola narodnog zdravlja „dr. Andrija Štampar“ u prosincu 1938.godine.[1]

Prva sistematska ispitivanja industrijskih otpadnih voda izvršio je Zavod za zaštitu zdravlja grada Zagreba (ZZZZGZ) na osnovi ugovora s „Kanalizacijom“ 1964.godine.

Od 1. svibnja 1966. godine počeo je raditi terenski laboratorij „Kanalizacije“ Zagreb s pomoćnim prostorijama i skladištem u Zelniskoj ulici i s prvim katastrom analiza i industrijskih suglasnosti u Domjanićevoj ulici. Svi radovi obavljali su se zajedno sa ZZZZGZ-a i školom „dr. Andrija Štampar“, a suradnja se kasnije proširila na Zavod za zaštitu zdravlja Republike Hrvatske. Novi laboratorij sagrađen je u Folnegovićevoj ulici 1 godine 1970. pa je suradnja preko predavanja, vježbi, ispita i diplomskih radova studenata Tehnološkog fakulteta rezultira izgradnjom prvih maksimalno dozvoljenih koncentracija u Smjernicama, i njihovim izmjenama, prema preporukama Građevinskog fakulteta i GI-a. Prerađene Smjernice postale su zakon objavom u Službenom glasniku grada Zagreba broj 24/77. [1]

Velika je šteta što je u to vrijeme pravilnik prošao kroz ruke pravne službe, koja je napravila korekciju, nepoznavajući pravila analitičke znanosti, pa su time nastale kod primjene nejasnoće koje se odnose na pitanja otapala, kroma i drugog. Poznavaočima problema jasno je da se pri primjeni separatora ocjena mora nadopuniti standardnim tablicama topljivosti u vodi u zavisnosti od temperature, dok ocjena sulfatne agresivnosti zavisi o tablici konstanta produkta topljivosti, amonijaku i magneziju.[1]

### 3.2. KLASIFIKACIJA OTPADNIH VODA

Otpadne vode s područja grada Zagreba odvođe se putem sistema kanala (izgrađenih na području grada) i glavnih odvodnih kolektora, s konačnom dispozicijom u rijeku Savu.

Kako bi sačuvali kakvoću otpadnih voda, prije konačne dispozicije u rijeku Savu otpadne vode prolaze kroz uređaj za pročišćavanje voda koji je izgrađen početkom ovog stoljeća.

Glavni odvodni kolektor (GOK) sjevernog Zagreba koji prihvaća otpadne vode gradske kanalizacijske mreže te kanalizacijske mreže industrijske zone Žitnjak, izgrađen je u završnom dijelu kao otvoreni kanal trapeznog oblika i služi za

odvodnju sveukupnih otpadnih voda sjevernog Zagreba. Odvodnja otpadnih voda sjevernog Zagreba završava u rijeci Savi u mjestu Hruščica. Odvodnja otpadnih voda južnog Zagreba vrši se putem dva odvojena sistema u Zapruđu i Jakuševcu također u Savu. [1]

Gotova sva kanalizacijska mreža izvedena je kao mješovita, u koju dotiču otpadne vode stanovništva, industrije i obrta, te kišnice iz cestovnih i drugih izgrađenih površina. U kanalizacijski sustav sjevernog Zagreba nažalost su uključene i vode potoka, što znatno povećava ukupne količine voda i ujedno čini specifičnu razliku u odnosu na poznate karakteristike otpadnih voda drugih gradova.[1]

Otpadne vode nose sa sobom strane tvari kojih obično ima oko 1g/l. Priroda tih tvari je takva da i u manjim količina izazivaju neugodnosti i štete. Tvari koje odnosi voda su organske ili anorganske prirode, a nalaze se u stanju: suspenzije u obliku sitnih ili krupnih vidljivih čestica, koloidnih disperzija i pravih otopina. [1]

Anorganske tvari su najčešće suspendirane ili otopljene dok su organske češće suspendirane i koloidno dispergirane a rijetko otopljene. Organska tvar u otopljenoj vodi je najvećim dijelom neživa, živu organsku materiju čine mikroflora i mikrofauna. Ovi organizmi su neobično važni je razaraju i transformiraju prisutnu organsku tvar cijepanjem krupnih molekula u sve manje i jednostavnije.[1]

Otpadne vode se prema porijeklu, sastavu, količini i biološkoj aktivnosti svrstavaju u dvije kategorije-gradske, odnosno sanitarne i oborinske otpadne vode i industrijske otpadne vode. Gradske otpadne vode nastale su kao rezultat komunalne djelatnosti a sadrže vode iz stanova, nužnika, javnih ustanova i slično. Osobina im je relativna stabilnost sastava. U kućnim vodama se rjeđe nađe toksičnih tvari, a prisutne organske tvari su lako biorazgradive. Industrijske vode nose sa sobom: lužnate i kisele spojeve koje mijenjaju pH vode, obojene tvari, tvari koje stvaraju film na površini vode kao što je nafta i njeni derivati, masti itd, te baktericidne i toksične spojeve koji mogu biti organskog ili anorganskog porijekla: cijanidi, kloridi, teški metali, pesticidi, perdicidi, deterdženti itd. [1]

Neke vode iz industrije mogu imati povišenu temperaturu što također štetno djeluje na kanalizacijske objekte. Često se u otpadnoj vodi nalazi više toksičnih ili štetnih tvari. Upuštanje otpadnih voda direktno u vodotoke dolazi do promjena u : fizikalnim osobinama voda (bistrenje, boja, miris), kemijskim osobinama (pH, toksičnost), količini O<sub>2</sub> zbog oksidacije i spriječene reaeracije, vrstama mikroorganizama i živog svijeta uopće. Da ne bi dolazilo do ovakvih promjena otpadne vode se prethodno ispituju i pročišćavaju, kako bi se recipijentna voda koristila za predviđene svrhe.[2]

### 3.3.POVIJESNI PRIKAZ ONEČIŠĆENJA KANALIZACIJE OD AGRESIVNIH OTPADNIH TVARI

Ekološki problemi nastali industrijskim otpadnim vodama, ali ne po rezultatima analiza, nego po stvarnoj šteti dosegli su kulminaciju 50ih godina razaranjem kanalizacije na kritičnim mjestima, onečišćenjem podzemnih voda izvorišta te pomorom riba na Savi.[2]

Prvi puta je do urušenja kanala i ceste došlo 2.kolovoza 1955. na križanju Gradišćanske i Selske ceste. Prema zaključku komisije za utvrđivanje agresivnosti kanalskih voda od 2. lipnja 1956. godine, prof.dip.ing. Petar Sabioncello je kao sudski vještak izvršio za sudski proces ekspertizu o utjecaju otpadnih voda koje sadrže sulfatne ione na beton zagrebačke kanalizacije. Uzorci voda iz kanala u Cankarovoj i Gradišćanskoj ulici 3.,5.,9.srpnja, a stavljene betonske kontrolne kocke i ispitane 13.prosinca 1956.godine, imale su smanjenu čvrstoću. Time se je dokazao uzrok urušenja ceste na križanju Gradišćanske i Selske ceste, radi urušenja kanala i Gradišćanskoj ulici u dužini oko 7m i kanala Selske ceste u dužini oko 3,5m, uslijed djelovanja agresivnih otpadnih voda iz tvornice „Pliva“. Ponovnim pregledom kanalizacije zapadnog dijela grada djelatnici „Kanalizacije“ su ustanovili 11.listopada 1956.godine da je kanal profila 70/105cm izgrađen 1955.godine na križanju Selske i Gradišćanske ceste ponovno oštećen. Glazure i stjenke kanala do visine oko 35cm su oštećene 5-10cm duboko. Isto oštećenje kanala ustanovljeno je u Gradišćanskoj cesti

istočno od Selske ceste (70/105), Međimurskoj, Fonovoj, Hanuševoj (110/165), i Jagićevoj ulici od Samoborskoj podvožnjaka (120/80). [2]

U kanalima u ulici Kate Dumbović (80/120) i u Badalićevoj ulici (80/120) primijećeno je oštećenje glazure uslijed djelovanja agresivnih voda „Plive“.

Prema zapisniku od 17. travnja 1967.godine i prema dopisu broj:7718-III-1957. sekretarijat za komunalne poslove NOO Črnomerec je utvrdio da se ulični kanal u Gradišćanskoj ulici 120m zapadno od Selske ceste ponovno urušio 1957.godine u dužini od 20m zajedno sa ulaznim oknom uslijed djelovanja agresivnih otpadnih voda tvornice „Pliva“ i „Tvorpama“. 1958.godine komisija (K.broj: 08/3-5028/1-1958.) je pregledom na terenu zatekla ovakvo stanje kanalizacije: 1.dubina oštećenja kanalskih stjenki od 3-18cm, 2.visina oštećenja kanalskih stjenki mjerena od dna kanala; od 20cm (za kanale profila 60/90) do 60cm (za kanal profila 110/165cm), 3.oštećeja su ustanovljena u 11 ulica: Gradišćanskoj, Cankarovoj, Vodovodnoj, Međimurskoj, Hanuševoj, Jagićevoj, Hochmanovoj, Dumbičkinjoj, Badalićevoj, Ogrizovićevoj i Kranjčevićevoj, 4.najveći oštećeni kanal imao je profil 12/180cm. Navedeno stanje je nastalo iako su predstavnici „Plive“ izjavljivali da se agresivne vode dva puta ili sa dvije cisterne u glavni odvodni kanal, n mjestu gdje se odvaja od Radničke ceste. [2]

1959.godine je radi toga tvornici „Pliva“ i „Tvormpan“ dozvoljeno da otpadne vode ulijevaju kiselinstalnim kanalom u rijeku Savu, pa je izgrađen cjevovod dug 4.100m do naročitog ispusta u Savi. Međutim, ovaj kiselinstalni kanal je također uslijed djelovanja agresivnih voda uništen pa je 1966.godine prilikom rekonstrukcije u postojeći kiselinstalni kanala do Save ugrađena cijev od plastike a pored toga je pregledom ulične kanalizacije Gradišćanske i Cankarove ulice 20. ožujka 1967.godine ustanovljeno da su oba kanala u Gradišćanskoj ulici od Selske ceste do Cankarove ulice djelomično zarušeni a dno i stranice potpuno oštećeni. Kiselostalna kanalizacija još je nekoliko puta imala havarije. Prema građevnoj dozvoli: 08/3.5730/1-1959. od 28.travnja 1959. to je trebao biti privremeni objekt ali je još uvijek u upotrebi. [1]

Tehnološki laboratorij „Kanalizacije“ je prije 20 godina preporučio za zaštitu kombinacije poliestera, epoxysmola i keramike u Cankarevoj i Gradišćanskoj



ulici. Kontrola materijala nedavno je pokazala da je još uvijek kao nov. Stara ideja je bila da se kanali s takvom otpornošću korist kao egalizaciono neutralizacijske građevine, ali dobra ideja nije prihvaćena do sada iz administrativno birokratskih razloga.

Rafinerija Zagreb više je vjerovala službenim atestima nego iskustvu stručnjaka „Kanalizacije“. Rezultat je dobro poznat, nakon godinu dana upotrebe morala je biti zamijenjena, a novoizgrađena kanalizacija još je danas u upotrebi.[1]



Slika 3. Uzorkovanje rijeke Save na Starom savskom mostu (uzvodno od utoka otpadnih voda grada Zagreba) [2]

### 3.4.KONTROLA KVALITETE OTPADNIH VODA GRADA ZAGREBA

U posljednjih pedesetak godina čovječanstvo sve više ugrožava vode svojom djelatnošću: privrednom odnosno proizvodnom djelatnošću, načinom življenja, navikama te nedovoljno dužnom pažnjom prema resursima vode na ovoj jedinoj nam planeti. Da vode ne bi ugrožavale samog čovjeka, treba joj se posvetiti dužna briga i pažnja, na poduzimanju zaštitnih mjera te očuvanju pozitivnih, a otklanjanju negativnih posljedica za dobrobit i opstanak čovječanstva.

Pod otpadnim vodama podrazumijevamo iskorištenu i odbačenu vodu iz naselja ili proizvodnje sa raznolikim zagađenjima koja udaljavanjem od mjesta nastanka može izazvati manje ili veće posljedice sa higijenskog ili sanitarnog stajališta.[2]

Kontrola kvalitete i količine otpadnih voda grada Zagreba vrši se na temelju:

- Zakona o vodama (NN 66/19 i 84/21)
- Odluke o odvodnji voda (Službeni glasnik Grada Zagreba 23/16)
- Plana za zaštitu voda od zagađenja ( NN 107/95)
- Pravilniku o sastavu otpadnih voda koje se upuštaju u javnu kanalizaciju ( NN 80/2013)
- Uputstva o vođenju evidencije učestalosti ispuštanja u vode opasnih i štetnih tvari, količini i sastavu tih tvari ( NN 9/1990)
- Pravilnika o graničnim vrijednostima pokazatelja opasnih i drugih tvari u otpadnim vodama ( NN 94/2008)

Odvodnja grada Zagreba provodi se sistemom mješovite kanalizacije putem dva odvojena kanalizacijska sustava i to: sjevernog dijela Zagreba (lijeva obala Save) i južnog Zagreba (desna obala Save).[5]

U kanalizacijskom sustavu završavaju sanitarne otpadne vode, otpadne vode industrija i obrta, oborinske vode sa cestovnih i drugih izgrađenih površina te vode potoka kao svjetski presedan. Vode potoka uključene u sustav javne odvodnje čine specifičnu razliku u odnosu na poznate karakteristike otpadnih voda drugih velikih gradova.[5]

### 3.4.1.UZORKOVANJE I ANALIZA OTPADNIH VODA

Sve otpadne vode sjevernog dijela Zagreba odvođe se glavnim odvodnim kanalom (GOK-om) u recipijent rijeku Savu. Glavni odvodni kanal sjevernog Zagreba izgrađen je u završnom dijelu kao otvoreni kanal trapeznog oblika.

Uzorkovanje i analiza otpadnih voda GOK-a, obavlja se svakodnevno jednokratnim uzorkovanjem radnim danom kad je opterećenje otpadnih voda najviše.[2]

Uzorci se uzimaju na mjernim postajama: GOK -1 (Radnička cesta), GOK -3 (uzvodno od Vugrovog potoka), GOK -4 (Gamula - Hruščica)

Kvaliteta i kvantiteta otpadnih voda grada Zagreba bitno se razlikovala u pojedinim vremenskim razdobljima. Često je kvaliteta otpadnih voda bila takva da su nastajala incidentna stanja kako u kanalizacijskim objektima tako i u recipijentu Savi. Kako bi se spriječila takva stanja donešena je kvalitetna zakonska regulativa koja je propisivala granične vrijednosti štetnih tvari koje se mogu upuštati u sustav odvodnje grada Zagreba. Također je donesena i ostala zakonska regulativa koja propisuje kvalitetu, način odvođenja i pročišćavanja otpadnih voda, a sve u cilju zaštite okoliša i ljudskog zdravlja.[2]

Ukupne otpadne vode južnog Zagreba odvođe se preko precrpne stanice Jakuševac u recipijent rijeku Savu.

Kvaliteta otpadnih voda kontinuirano se kontrolira od 1965. godine. Intenzitet uzorkovanja, kao i broj pokazatelja koji su se pratili, varirali su tokom vremena ovisno o tehničkim uvjetima, zakonskoj regulativi i iskustvom stečenih spoznaja o promjenjivosti pojedinih pokazatelja. Danas se kontroliraju slijedeći pokazatelje: protok, temperatura zraka, temperatura vode, miris, boja, vidljiva otpadna tvar, pH, otopljeni kisik, biološka potreba kisika, kemijska potreba kisika, taloživa tvar, suspendirana tvar, suhi ostatak, žareni ostatak, amonijak, nitrite, nitrate, fosfate, kloride, sulfate, ukupni dušik, ukupni fosfor, anionske detergente, fenole, ukupna ulja i masti, mineralna ulja i željezo. U otpadnim vodama glavnog odvodnog kanala sjevernog i južnog Zagreba kontroliraju se svi ovi pokazatelji na 24-satnim

mjesečnim uzorcima. Usporedno se uzorkuje i kontrolira kvaliteta vode rijeke Save, uzvodno i nizvodno od utoka sveukupnih otpadnih voda grada Zagreba. Samo neke od gore navedenih pokazatelja prate se na svakodnevnim trenutnim uzorcima sjevernog i južnog Zagreba. Isti ti pokazatelji prate se i na ulazu i izlazu iz "Bač" sistema (laboratorijskom uređaju za pročišćavanje). [2]

Kada neki od pokazatelja premaši graničnu vrijednost tada se utvrđuju uzroci takvih stanja te se pomaže u njihovu rješavanju i sanaciji.

Kada uzorak koji je označen prema mjestu, datumu i vremenu uzorkovanja stigne u laboratorij, zavede se u bilježnicu zajedno sa svim podacima koji su određeni na mjestu uzorkovanja i nakon toga odmah se vrše analize i konzerviranje uzoraka ako je to moguće. Kada su izvršene sve predviđene analize dobiveni podaci se unose u bazu podataka koja je predviđena za izračunavanje rezultata analiza i za izradu izvještaja s uobičajenim statističkom obradom. Sva dodatna statistička obrada i grafički prikazi posebno se izrađuju.[2]

#### 3.4.2.TEHOLOGIJA PROČIŠĆAVANJA UZ IZRADU OSNOVNE SNIMKE OTPADNIH VODA INDRUSTRIJE

Poznato je da je industrija grada Zagreba bila najveći zagađivač otpadnih voda, kako količinski tako i ukupnim teretom zagađenja. U zajedništvu s vodopravnim interesima te vodopravnom inspekcijom i pravnim subjektom Sektorom odvodnje došlo se do potrebe izrade "osnovnih snimki" svih većih industrijskih subjekata (potencijalnih zagađivača). Uzorkovanje traje 60 sati i za to se vrijeme uzme 15 kompozitnih proporcionalnih uzoraka otpadne vode te kompozitni uzorak za vođenje tehnologije pročišćavanja otpadnih voda. Odmah iza uzorkovanja nastavlja se sa analitikom svih uzoraka, a zatim odmah mora krenuti i tehnologija pročišćavanja otpadnih voda u laboratorijskim modelima. [2]

Za tu su namjenu napravljena 2 desetilitarska modela. Jedan model služi za pročišćavanje sanitarnih otpadnih voda južnog Zagreba ili GOK-a, a drugi služi za pročišćavanje otpadnih voda južnog Zagreba (sanitarne) ili otpadnih voda

GOK-a i industrijskih otpadnih voda u određenom omjeru (za Zagreb 10:1, odnosno 9:1).[2]

Iz "Bač" sistema se nalije po 10 litara aktivnog mulja i pričeka pola sata da se aktivni mulj istaloži, a potom se dekantira gornji dio sadržaja do dvije litre kako u jednom, tako i u drugom modelu. U tom su trenutku modeli spremni za prijem nepoznatih voda, kako sanitarnih tako i industrijskih. U modelima se vrši kvalitetna bioaeracija (akvarijskim pumpicama) u trajanju od 22 sata. Modeli se nakon 22-satne aeracije isključe i ostave na dvosatno sekundarno taloženje. Uzimanjem ulaznih uzoraka i jednog i drugog modela te analitikom organskog tereta zagađenja dobivamo sliku o kvaliteti otpadnih voda prije tehnologije pročišćavanja. Nakon 24-satne tehnologije pročišćavanja potom uzetih izlaznih uzoraka iza modela te analitikom organskog tereta zagađenja dobivamo sliku o kvaliteti otpadnih voda iza tehnologije pročišćavanja. [2]

Mikroskopskim praćenjem aktivnog mulja u tijeku 22-satne aeracije u zajedništvu sa ulaznim i izlaznim parametrima pročišćavanja upotpunjujemo ukupnu spoznaju o kvaliteti otpadnih voda iz jednog i drugog modela. Kako se paralelno radi analiza iz svih 15 kompozitnih uzoraka s puno više (potrebitih) pokazatelja, tako se dobiva sveukupna slika o otpadnim vodama uzorkovane industrije. Nakon tehnologije pročišćavanja iz oba modela se dekantira suvišna voda i preostali mulj se izlije u dva prethodno označena Imhoffova cilindra. Mulj se u cilindrima taloži daljnja 24 sata, a time je upravo i krenula tehnološka linija obrade mulja. Nakon 24-satnog taloženja u Imhoffovim cilindrima dekantira se suvišna voda od samoga mulja. Mulj se zatim homogenizira i pripremi za daljnji postupak. U međuvremenu se prirede dvije menzure od po 100 ml te po dvije uredno označene trbušaste tikvice od 100 ml i plinske birete sa čepovima (brtvama) radi daljnjeg postupka.[2]

Iz Imhoffovih se cilindra uzima po 100 ml homogeniziranog mulja i nadolijeva u označene trbušaste tikvice u koje se usađuju plinske birete sa čepovima i stavlja na posebno pripremljeno mjesto za digestiju. U plinske birete (naš patent), koje su dvostrukih stijenki, nadolije se destilirana voda do oznake i time je digestija krenula.[2]

Svakodnevno se bilježe oslobođene količine plina u trajanju digestije od dva mjeseca. Prvih su dana digestije vidljive razlike u oslobođenim količinama plina, ali se potpuna slika ipak dobiva nakon 60 dana. Nakon provedenih tehnologija pročišćavanja te analitike ulaznih i izlaznih veličina pokazatelja organskog tereta zagađenja, dolazi se do spoznaja o mogućnosti pročišćavanja otpadnih voda u laboratorijskim uvjetima. Postoci pročišćavanja, kao i izlazne veličine organskog tereta zagađenja zadovoljavaju ili ne zadovoljavaju zadane uvjete prema zakonskoj regulativi, odnosno zadanim vodopravnim uvjetima. Zaključno se za tehnologiju pročišćavanja aerobnim procesom s aktivnim muljem na laboratorijskim modelima u trajanju od 24 sata daje pozitivno ili negativno mišljenje.[2]

Tvrđenje o uspješnosti ili neuspješnosti vođenja tehnologije pročišćavanja potvrđuje digestija mulja u trajanju od 60 dana.

Vrijednosti ulaznih parametara otpadnih voda industrija te oslobođene količine plina nakon digestije direktno ukazuju na toksična ili netoksična svojstva otpadnih voda, kao i na energetske vrijednosti muljeva. Iz tabličnog prikaza proizlazi zaključak da li je za vrijeme tehnologije pročišćavanja u trajanju od 24 sata te digestije mulja u trajanju od 60 dana, došlo do inhibicije ili nije.[2]

Konačni, glavni zaključak, daje se o otpadnim vodama za vrijeme izrade osnovne snimke (kroz svih 15 kompozitnih uzoraka), kao i o tehnologijama pročišćavanja otpadnih voda i muljeva (kako količinski, tako i koncentracijski) i da su se sa teškoćama ili bez poteškoća mogle pročišćavati na laboratorijskim modelima.[2]

## 4.MJRENJE OBORINA I PROTOKE U SUSTAVU ODVODNJE GRADA ZAGREBA

Već dugi niz godina obavljaju se mjerenja protoke na sustavu odvodnje u gradu Zagrebu. Prva mjerenja protoke vršena su ručno, pomoću fiksno postavljenih ili mobilnih mjernih letvi i plutajućih plovaka pomoću kojih se određivala brzina tečenja u kanalu. Na temelju utvrđenog profila kanala, dubine izmjerene na mjernoj letvi i brzine plovka utvrđivao se protok. Ta su se mjerenja protoke najčešće vršila na otvorenim kanalima jer zbog uvjeta rada praktično su bila neizvediva u zatvorenim kanalima. Pokazivala su samo trenutno stanje tečenja za vrijeme mjerenja na određenom mjestu.[3]

### 4.1.SUVREMENI NAČIN MJERENJA

Posljednjih godina mjerenju se pridaje sve više pažnje, a i razvojem tehnike omogućeno nam je da se uz pomoć mjernih uređaja daleko točnije i kontinuirano mogu vršiti mjerenja protoke na otvorenim i zatvorenim kanalima i mjerenje oborina na području grada Zagreba[3].

Trenutno se koristi tri različite vrste mjerača protoke i to:

#### 1.Elektronski limnigraf "HIDROING"

To je mjerac protoke koji kontinuirano registrira vodostaj putem tlačne sonde koja promjenu pritiska to jest stupca vode registrira u memoriju po unaprijed postavljenim parametrima. Rezultati mjerenja se u programabilnim vremenskim intervalima pohranjuju u memoriju.

Napajanje se vrši putem akumulatora a manji dio ima ugrađene i solarne panele što je mnogo racionalnije od česte promjene akumulatora. Ovi uređaji su preko modema neki radio-vezom a neki GSM- vezom spojeni sa stacionarnim PC-ima u "Odvodnji", dio u Tehnološko-ekološkoj službi(uređaji sa radio-vezom), a drugi

dio u Službi održavanja (uređaji s GSM vezom) gdje su pratili trenutna stanja protoke na pojedinim mjernim mjestima.[3]

## 2. Mikroprocesorski mjerač protoke "ADS"

Ovaj mikroprocesorski mjerač sastoji se od tri vrste senzora i to:

- ultrazvučnog senzora smještenog na tjemenu kanala. On prenosi zvučni signal od vrha kanala do površine vode, tj. mjeri vrijeme koje proteče između poslanog zvučnog signala i odziva tog signala od površine vode.

- tlačnog senzora smještenog na dnu kanala. On sadrži diferencijalni tlačni preobličivač tj. transduktor za prijenos izlaznog napona koji odgovara razlici između tlaka vode i atmosferskog tlaka u kanalu. Iz te razlike tlakova mikroprocesor izračunava dubinu vode.

- brzinski senzor smještenog pri dnu kanala. On mjeri promjene koje se događaju u frekvenciji zvučnog vala od odašiljanja tog signala do primanja. Te promjene koriste se za određivanje brzine tečenja bazirane na principu Doppler-ovog efekta koji je definiran kao promjena frekvencije zvučnog vala emitiranog s čestica u gibanju u odnosu na nepokretnu točku. Kod nas je taj gibajući objekat medij koji teče, a nepokretna točka je brzinski senzor.[3]

Protok se u mjeraču dobije kao umnožak brzine tečenja i površine profila tečenja otpadne vode. Oblik profila definira se X-Y koordinatama konture profila. Površina profila kroz koji teče otpadna voda u mjeraču se izračuna na osnovu zadane konture profila kanala i izmjerenog nivoa. U samom kućištu monitora nalaze se mikroprocesorske ploče za ova tri senzora i izvor napajanja-baterija. Ovu vrstu mjerača moguće je smjestiti ispod poklopca na revizionom oknu što omogućava lagano preseljenje na neku drugu lokaciju. Trajnost interne baterije je minimalno 6 mjeseci.[3]

Nedostatak kod tih mjerača je taj što nemaju telemetrijsku vezu sa centrom u "Odvodnji", pa se ne može vidjeti trenutno stanje tečenja u kanalu. Pomoću prijenosnog računala moraju se sakupiti podaci s mjernog mjesta koji se dalje obrađuju na stacionarnom PC-u.[3]



### 3. Mikroprocesorski mjerač protoke "Buhler Montec"

Ovaj mikroprocesorski mjerač sastoji se od dvije vrste senzora i to:

- tlačni senzor
- brzinski senzor

Ovi senzori rade na istom principu kao i kod "ADS" mjerača protoke.

Ovi mjerači spojeni su telemetrijskom vezom putem radio-signala sa centralnom stanicom u "Odvodnji" gdje se može pratiti stanje tečenja u kanalima.

Mikroprocesorski mjerači oborine-kišomjeri smješteni su po gradu na objektima "Vodoopskrbe i odvodnje". Pomoću njih mjerimo oborine (kiša i snijeg) koja je u direktnoj vezi sa stanjem tečenja tj. protokom u kanalima. Dio mjerača oborine telemetrijskom vezom spojen je sa centrom u "Odvodnji", a dio podataka se pomoću prijenosnog računala sakuplja i dalje obrađuje. Obrađeni mjerni podaci mjerača protoke i oborine koriste se za potrebe POKSGZ-a ("Projekt optimalizacije kanalizacijskog sustava grada Zagreba"), ZOV-a - ("Zagrebačke otpadne vode"-koncesionar Centralnog uređaja za pročišćavanje otpadnih voda grada Zagreba) i za interne potrebe u Sektoru Odvodnje.[3]

## 4.2.DALJINSKI NADZOR MJERAČA PROTOKE I OBORINE NA SUSTAVU ODVODNJE

Postojeći sustav daljinskog nadzora odvodnje (telemetrijski sustav) omogućava mjerenje i prijenos izmjerenih vrijednosti s telemetrijskih mjernih mjesta u Centar za nadzor sustava odvodnje grada Zagreba u Folnegovićevoj ulici.

Postoje dvije vrste mjerača na sustavu daljinskog nadzora i to:

1. Mjerači za mjerenje protoke (elektronski limnigrafi "HIDROING" i mikroprocesorski "BUHLER MONTEC")
2. Mjerači za mjerenje oborine (mikroprocesorski "BUHLER MONTEC")

U Centar za nadzor sustava odvodnje uključeni su mikroprocesorski mjerači protoke i oborine "BUHLER MONTEC" , dok se elektronski limnigrafi prate u Tehnološko-ekološkoj službi i u Službi održavanja. U Centru za nadzor sustava odvodnje, centralno telemetrijsko PC-računalo (centralna stanica) ciklički u zadanom intervalu proziva periferne stanice putem radio-veze i prikuplja izmjerene vrijednosti.[3]

Periferna stanica za mjerenje protoka ("BUHLER MONTEC") proziva se svakih 5 minuta, a periferna stanica za mjerenje oborine proziva se svakih 2 minute kontinuirano tijekom 24 sata cijele godine.[3]

Centralna stanica opremljena je programskim paketom koji omogućava da se prikupljeni podaci spremaju u bazu podataka i na monitoru prikazuju u obliku slika, shema, tabela i trendova. Centralna stanica povezana je radio-stanicom sa modemom i antenom, a komuniciranje s perifernim stanicama je putem radio-veza na UKV području preko repetitora. Mjerači protoke i oborine imaju loger s mikroprocesorom koji preko priključka šalje izmjerene vrijednosti telemetrijskom uređaju -PLC-u koji ima komunikacijski modul. Centralna stanica radi pod kontrolom "Visual Call" programskog paketa za nadzor s mogućnošću nadogradnje i na sustav upravljanja. Cijeli sustav daljinskog nadzora projektiran je tako da se modularno može proširivati dodavanjem opreme za nova mjerna mjesta.[3]

Senzor mjerača protoke montira se pri dnu kanala, a kabel senzora koji je povezan na loger u zaštitnom ormaru, uvodi se kroz postojeće kanalsko okno. Mjerač protoke ima vlastitu bateriju. Zaštitni ormar se montira na otvorenom prostoru (pločnik na ulici ili na zelenoj površini) uz revizioni okno. Uz ormar se montira stup sa antenom. Za napajanje električnom energijom radio-stanice i ostalih uređaja u zaštitnom ormaru koristi se struja preko priključka na stup javne rasvjete i putem akumulatora u ormaru. Akumulator se noću puni strujom iz stupa javne rasvjete.[3]

### 4.3. ONEČIŠĆENJE U SUSTAVU ODVODNJE

Prema članku 72. Zakona o vodama (NN 66/19 i 84/21) ako je uslijed iznenadnog slučaja, kvara ili iz drugih razloga nastala opasnost onečišćenja voda, pravna, odnosno fizička osoba u vezi s čijim je djelovanjem ili propustom takva opasnost nastala, dužna je bez odgađanja o tome izvijestiti Državnu upravu za zaštitu i spašavanje. Državna uprava za zaštitu i spašavanje će o nastalom onečišćenju, odnosno opasnosti od onečišćenja voda obavijestiti najbližega državnoga vodopravnog inspektora, a on će obavijestiti Hrvatske vode. Isporučitelj vodnih usluga u odnosu na onečišćenje voda koje je poteklo iz komunalnih vodnih građevina ili je prvotno nastupilo u komunalnim vodnim građevinama obavezna je primijeniti mjere iz članka 70. stavka 3. točke 2. i 3. Zakona o vodama (NN 66/19 i 84/21), kako slijedi:

-mjere koje se poduzimaju u slučajevima izvanrednih i iznenadnih onečišćenja: mjere pripravnosti za slučaj izvanrednih i iznenadnih onečišćenja, mjere koje se poduzimaju u slučaju neposredne prijetnje onečišćenjem, mjere koje se poduzimaju u cilju stavljanja nastalog onečišćenja pod kontrolu i sprečavanja njegovog daljnjeg širenja i mjere za sprečavanje, ublažavanje i uklanjanje štetnih posljedica onečišćenja. [5]

Procjena mogućih uzorka i opasnosti od onečišćenja voda provodi se u odnosu na mogući izvor (mjesto) opasnosti. Onečišćenje uzrokovano u internoj odvodnji korisnika koji posjeduju važeću vodopravnu dozvolu i imaju predtretman za obradu otpadnih voda, a nalaze se u području aglomeracije Zagreb. Incidenti i havarije uzrokovane izlivanjem opasnih, krutih i tekućih tvari na površinama gdje postoji izvedeni javni sustav odvodnje grada Zagreba. Onečišćenje uzrokovano nepovoljnim hidrološkim prilikama (izlivanje otpadnih voda uslijed pojave ekstremnih oborina, izlivanje otpadnih voda uslijed uspora u javnom kanalskom sustavu uzrokovano dizanjem rijeke Save). Onečišćenje uzrokovano izvanrednim prilikama (elementarne nepogode, ratne prilike, potresi i dr.). [4]

Stupanj ugroženosti voda proglašava državni vodopravni inspektor, a procjenjuje se prema slijedećim kriterijima:

I. stupanj ugroženosti voda: u vode i vodni okoliš su dospjele manje količine opasnih ili drugih onečišćujućih tvari koje uzrokuju onečišćenje, brзом primjenom potrebnih mjera može se spriječiti širenje onečišćenja, ne očekuju se veći negativni utjecaji na stanje voda i vodnog okoliša te na mogućnost korištenja voda za predviđene namjere[5]

II. stupanj ugroženosti voda: u vode i vodni okoliš su dospjele veće količine onečišćujućih tvari koje uzrokuju onečišćenje, brзом primjenom potrebnih mjera može se spriječiti širenje onečišćenja, ali su ugrožena izvorišta vode za piće, iz članka 90, stavka 1. Zakona o vodama (NN 66/19 i 84/21), ili korištenja voda za druge namjene. Mogu se očekivati umjereno negativni utjecaji na stanje voda i vodnog okoliša te na mogućnost korištenja voda za predviđene namjene i po potrebi se proglašavaju mjere kojima se ograničava korištenje voda[5]

III. stupanj ugroženosti voda: u vode i vodni okoliš su dospjele količine otpadnih ili drugih onečišćujućih tvari koje mogu uzrokovati onečišćenje na širem području Republike Hrvatske s mogućim prekograničnim utjecajima, brзом primjenom potrebnih mjera može se spriječiti širenje onečišćenja, ali su ugrožena izvorišta vode za piće, iz članka 90. stavka 1. Zakona o vodama (NN 66/19 i 84/21), ili korištenje voda za druge namjene, utjecaji na stanje voda i vodnog okoliša, kao i utjecaji na korištenje voda su izrazito negativni i potrebno je proglasiti mjere zabrane korištenja voda. [5]

#### 4.4.POSTUPANJE KOD ZAGAĐENJA U SUSTAVU ODVODNJE

Odmah po dojavu ili otkrivanju iznenadnog zagađenja, do dolaska vodopravnog inspektora i ostalih obaviještenih na lokaciji zagađenja obavljaju se sljedeće radnje: 1. Dijagnosticiranje iznenadnog onečišćenja, 2.Organizirano djelovanje s raspoloživim resursima VIO-a na lokaliziranju i uklanjanju iznenadnog onečišćenja. Organizirano djelovanje na lokaliziranju i uklanjanju iznenadnog onečišćenja obavlja se u pravilu u 3 faze.

1.faza djelovanja: nakon što je nedvojbeno dijagnosticiran iznenadni događaj, shodno raspoloživim sredstvima, prvo se lokalizira širenje onečišćenja, zaustavljanjem njegovog daljnjeg širenja. Ako je onečišćenje malo po obimu i prostoru moguće ga je u istom postupku i potpuno ukloniti.[4]

2.faza djelovanja: u drugoj fazi djelovanja onečišćenje se uklanja. Ova faza može biti direktno nastavljena na prvu, a može uslijediti nakon vremenskog prekida u provođenju mjera koji je uvjetovan nabavom određene opreme i kemikalija.[4]

3.faza djelovanja: treća faza djelovanja je faza sanacije. Sanacija je potrebna kod velikih onečišćenja, gdje se uzroci moraju otklanjati duže vrijeme, uz posebni projekt sanacije i sudjelovanje jedne ili više specijaliziranih ekipa ili stručnjaka. Prilikom rada na uklanjanju onečišćenja i sanaciji onečišćenog područja, potrebna je uska suradnja s predstavnikom državne vodopravne inspekcije i policije, kako bi se na vrijeme uočile sve materijalne i pravne posljedice koje jedino iznenadno onečišćenje može izazvati. [4]

Prestanak djelovanja objavljuje državni vodopravni inspektor.

## 5. ZAKLJUČAK

U gradu Zagrebu kroz dugi niz godina se sustavno prati sustav i kvaliteta otpadnih voda. Taj posao su tijekom posljednjih decenija obavljale odgovarajuće gradske službe i zavodi, ali i vrlo dobrim i sve organiziranijim sustavnim ispitivanjima unutar same gradske tvrtke Vodoopskrba i odvodnja.

Sustavnim praćenjem svih glavnih i većih zagađivača i njihovom kontrolom postiglo se to da kvaliteta otpadnih voda, onih industrijskih ali i onih sanitarnih, sve više zadovoljava i rijetko prelazi maksimalno dozvoljene količine štetnih tvari.

U međuvremenu je precizno ispitivanje svih mogućih štetnih otpadnih tvari, dovelo do potrebe pročišćavanja što se s velikim uspjehom primjenjivalo na GOK-u i stečena iskustva su bila dobra osnova za gradnju i stavljanja u funkciju centralnog zagrebačkog uređaja za pročišćavanje.

Važno je spomenuti da je kroz godine tvrtka Vodoopskrba i odvodnja razvijala određenu softversku i hardversku osnovu za računarsko prikupljanje i pohranjivanje podataka o stanju i ispitivanju kvalitete i kvantitete otpadnih voda grada Zagreba. Razvijanjem tog sustava postiže se sustavno praćenje i upravljanje cjelokupnim kanalizacionim sustavom i očekuje se da će u budućnosti cijeli sustav odvodnje grada Zagreba biti upravljan elektronski s jednog mjesta. Tako će biti uspostavljena potpuna kontrola nad svim otpadnim vodama, nad njihovom kvalitetom i količinama.

## 6. LITERATURA

- [1] Kanalizacija 1892.-1992. Izdavač: Javno poduzeće „Kanalizacija“ Zagreb
- [2] Vodoopskrba i odvodnja d.o.o. Zagreb (125 godina organizirane vodoopskrbe i 111 godina javne odvodnje grada Zagreba)
- [3] Vodoopskrba grada Zagreba 1878-1998. ( Monografija tiskana u povodu 120. obljetnice organizirane vodoopskrbe grada Zagreba)
- [4] Operativni plan za provedbu mjera za slučaj izvanrednih i iznenadnih zagađenja na području aglomeracije Zagreb ( Vodoopskrba i odvodnja)
- [5] Zakon o vodama (NN 66/19 i 84/21)
- [6] Odluke o odvodnji voda (Službeni glasnik Grada Zagreba 23/16)
- [7] Plan za zaštitu voda od zagađenja ( NN 107/95)
- [8] Pravilnik o sastavu otpadnih voda koje se upuštaju u javnu kanalizaciju ( NN 80/2013)
- [9] Uputstvo o vođenju evidencije učestalosti ispuštanja u vode opasnih i štetnih tvari, količini i sastavu tih tvari ( NN 9/1990)
- [10] Pravilnik o graničnim vrijednostima pokazatelja opasnih i drugih tvari u otpadnim vodama ( NN 94/2008)

## 7. PRILOZI

### 7.1. POPIS SIMBOLA

POKS	Projekt Optimalizacije Kanalskog Sustava
GOK	Glavni Odvodni Kanal
ZZZZGZ	Zavod za zaštitu zdravlja Grada Zagreba
POKSGZ	Projekt Optimalizacije Kanalskog Sustava Grada Zagreba
ZOV	Zagrebačke otpadne vode

### 7.2. POPIS SLIKA

Slika 1. Gradnja kanala na Jelačićevom trgu 1898.godine	10
Slika 2. Odčepijivanje kanalskog priključka	16
Slika 3. Uzorkovanje rijeke Save na Starom savskom mostu (uzvodno od utoka otpadnih voda grada Zagreba)	22

### 7.3. POPIS TABLICA

Tablica 1.Značajni datumi u razvoju kanalizacije	13-14
--	-------