



## АНАЛИЗА СТАЊА И РАЗВОЈА КАНАЛИЗАЦИЈЕ УПОТРЕБЉЕНИХ ВОДА НАСЕЉА КОВИЉ

### ANALYSIS OF STATE AND SEWAGE DEVELOPMENT OF WASTEWATER OF SETTLEMENT KOVILJ

Војко Шаркановић, Матија Стипић, Факултет техничких наука, Нови Сад

#### Област – ГРАЂЕВИНАРСТВО

**Кратак садржај** – У раду је проучаван генерални пројекат канализације употребљених вода насеља Ковиљ у циљу анализе стања и развоја постојеће канализације. Испитана је подобност канализационе мреже постојећег стања за период до 25 година, анализа капацитета мреже у случају доласка индустрије, као и максимална оптерећеност коју пројектовани канализациони систем може да прихвати. С тим у вези, направљена је студија потребне санације постојеће мреже у случају драстичног повећања продукције отпадних вода. Хидрауличка анализа одвођења отпадних вода са предметног подручја извршена је преко програмског пакета EPA SWMM 5.1.

**Кључне речи:** Канализација употребљених вода, Подобност мреже, Анализа капацитета, Студија санације, Хидрауличка анализа

**Abstract** – This paper presents a study of general sewage project of settlement Kovilj in order to analyze the state and sewage development of wastewater. The suitability of the current sewage network was evaluated for the period of 25 years, the network capacity analysis in the case of potential industry arrival was made, as well as the maximum load the designed sewage system can bear. In this regard, a study of necessary repair of the existing network in the event of a drastic increase in wastewater production was made. Hydraulic analysis of wastewater in Kovilj was carried out according to the program package EPA SWMM 5.1.

**Keywords:** Sewage of wastewater, Network suitability, Network capacity analysis, Study of necessary repair, Hydraulic analysis

#### 1. УВОД

Успостављање одговарајућег биланса воде на простору анализираних подручја јесте примарни задатак комуналне водопривреде. Обезбеђење потребне количине квалитетне воде, неопходне за основне животне потребе корисника, постиже се кроз систем водоснабдевања, док се евакуација отпадних вода остварује преко система канализације.

#### НАПОМЕНА:

Овај рад проистекао је из мастер рада чији ментор је био доц. др Матија Стипић.

Степен развијености водоводне, а посебно канализационе инфраструктуре представља један од најреlevance-вантнијих показатеља стања развоја друштвене заједнице и његове привредне развијености. Одсуство канализационе мреже, као и пречистача отпадних вода негативно делује на непосредни рецепијент, чиме се индиректно изазивају проблеми и у снабдевању насеља водом одговарајућег квалитета. Стога се као основни задатак канализационог система намеће потпуна хидротехничка санитација насељених простора.

У насељу Ковиљ постоји канализација употребљених вода, са потисним цевоводом и девет пумпних станица.

#### 2. ОПШТЕ КАРАКТЕРИСТИКЕ НАСЕЉА КОВИЉ

Ковиљ је насеље у Републици Србији, око 20 km источно од Новог Сада, чијој општини и територијално припада. Рељеф је карактеристичан за већину насеља у АП Војводини и претежно је равничарски, уз протезање левом обалом Дунавца. Кроз атаре насеља пролази битна саобраћајница, аутопут Е75, што представља главну основу и подстрек за даљи развој места.

Анализом демографског развоја уочена је тенденција пада броја становника, што се оправдава негативним природним прираштајем, неповољном старосном структуром и високим индексом старења.

Адекватна процена демографског развоја има велики значај на пројектовање система канализације, као и на капацитет пречистача. Оптимизација целокупног система је неопходна и са техничке и са економске стране. Предимензионисање или пак, неадекватни капацитет за последицу имају немогућност квалитетног рада система и испуњавање његовог основног циља, незадовољство корисника и потребу за додатним решењима, што доводи до значајног економског повећања и трошка [1].

#### 3. МОДЕЛИРАЊЕ ТЕЧЕЊА У КАНАЛИЗАЦИОНОЈ МРЕЖИ

У канализационим системима за употребљене воде, неравномерност дотока је мала, услед чега се они могу анализирати (третирати) без обрачунавања неусталених фактора.

Струјање воде у канализационим цевима (колектори-ма) се најчешће описује преко једначине одржања масе и динамичке једначине за линијско (написане за један правац) течење воде у отвореном каналу. То су Сен-Венанове једначине на којима се базира и програм EPA SWMM, коришћен за потребе моделовања. Облик Сен-Венанових једначина изгледа [2]:

$$\frac{\partial A}{\partial t} + \frac{\partial Q}{\partial x} = 0 \quad (1)$$

$$\frac{\partial Q}{\partial t} + \frac{\partial}{\partial x} \left( \beta \frac{Q^2}{A} \right) + gA \frac{\partial z}{\partial x} + gASt = 0 \quad (2)$$

Постоје три начина (модела) у склопу пакета SWMM који се користе за решавање Сен-Венанових једначина, а то су:

- Модел устаљеног течења;
- Модел кинематског таласа;
- Модел динамичког таласа.

Свако изостављање чланова упроштава и поједностављује нумеричко решавање, али то за последицу има недовољну тачност тако добијеног решења. Имајући то у виду, приликом хидрауличке анализе је коришћен модел динамичког таласа, који решава претходно наведе једначине у њиховом пуном облику.

#### 4. ПРОГРАМСКИ ПАКЕТ EPASWMM 5.1.

За потребе димензионисања и анализирања канализационе мреже насеља Ковиљ унети су одговарајући улазни параметри. Њихова правилна употреба омогућава покретање модела (канализационе мреже), односно симулацију и анализу кроз коју се као резултат могу добити брзине по деоницама, проток у мрежи за различите периоде (дана, месеца, године), квалитет отпадне воде и тако даље. У улазне параметре убрајамо [4]:

- број становника;
- предвиђени пројектни период;
- меродавну количину употребљене воде од стране становништва (насеља), индустрије, јавних објеката и инфилтрације стране воде;
- коефицијент неравномерности дотока употребљених вода;
- тип, пречник и меродавну храпавост усвојених цеви за канализацију;
- врсту индустрије, са аспекта технологије производње;
- дубине полагања цеви, уз напомену о максималним и минималним ограничењима.

#### 5. АНАЛИЗА ХИДРАУЛИЧКОГ ПРОРАЧУНА

Претходно је напоменуто да се у оквиру овог мастер рада обрађују употребљене отпадне воде, сачињене од отпадних вода из домаћинства, индустрије и различитих установа. За њихово одређивање неопходно је познавање:

- специфичног дотицаја отпадне воде ( $q_{sp}[l/st/dan]$ );
- броја еквивалент становника на крају пројектног периода ( $N$ ).

Специфични дотицај отпадне воде добијамо када укупни дневни дотицај неког подручја сведемо на дотицај по једном становнику. Рачунамо га помоћу података о специфичној потрошњи воде. Поред тога, приликом анализе меродавних количина неопходно је обрадити и податке о процеђивању подземне воде. Процедне воде, заједно са отпадним водама изражавамо у јединици времена и усвајамо као меродавне количине за евакуацију одговарајућим канализационим системом [1].

За хидраулично димензионисање канализационог система неопходно је дефинисати режим дотицаја отпадних вода у зависности од режима потрошње воде. Количина воде за сваку категорију потрошача варира како у току дана, тако и у току године. Дневна неравномерност се обично приписује динамици дневних активности које се у току дана обављају, док сезонска неравномерност проистиче из сезонских фактора у које убрајамо промену температуре, промену количине падавина и друге утицаје. Из овога закључујемо да је одређивање потребног капацитета као и неравномерности потрошње индивидуално и да се најбољи резултати могу добити само приликом детаљне анализе посматраног места. Како је за то потребно пуно времена, уколико за посматрано место већ нема урађена анализа, обично се примењују нормативи потрошње, уз напомену да они треба да нам дају основу, али да за правилну примену морамо спровести опсежне припреме [3]. За место Ковиљ усвојен је специфичан дотицај отпадних вода од  $q_{sp}=130l/st/dan$ , док су за коефицијенте неравномерности усвојени:  $k_{max,dan}=1.5$   $k_{max,h}=1.70$ .

$$Q_{sr,dn} = q_{spec} * N \quad (3)$$

$N$  - укупан број потрошача

$$Q_{max,dn} = Q_{sr,dn} * k_d \quad (4)$$

$k_d$  – коефицијент дневне неравномерности

Укупна меродавна потрошња се уноси у изабрани програм на следећи начин:

$$Q_{spec,deon} = \frac{Q_{max,dn,ukup}}{\Sigma L} \quad (5)$$

$\Sigma L$  – укупна дужина канализационе мреже

Чворно оптерећење:

$$Q_{cvor,i} = Q_{spec,deon} * \Sigma L_i \quad (6)$$

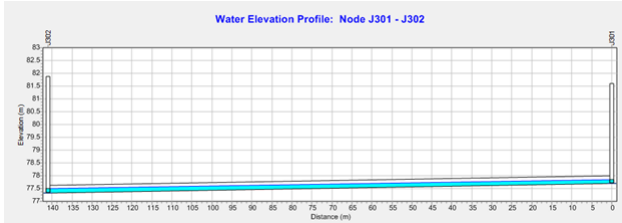
$\Sigma L_i$  – низводна деоница од чвора.

Меродавна количина отпадне воде се у програмски пакет EPA SWMM уноси као специфично чворно оптерећење, што за резултат даје брзине, протицаје и испуњеност цеви у сваком часу времена трајања симулације. Претходно је речено да се неравномерност потрошње отпадне воде битно разликује у различитим деловима дана те ју је такође неопходно унети у програм. Имајући у виду топографију терена, одабране пречнике цеви као и њихове минималне допуштене нагибе, извођење канализационе мреже са целокупним гравитационим одвођењем отпадне воде ка њиховом пречистачу није могуће ни са техничке ни са економске стране. С тим у вези, направљено је решење којим се обухватају пумпне станице.

## 6. РЕЗУЛТАТИ ПРОРАЧУНА

### 6.1 Анализа постојећег стања

На Слици 1 приказана је деоница, непосредно пред пречистач отпадне воде, односно подужни профил канализације са максималном испуњеношћу, забележену током дана, у износу од 54%. Тиме је испуњен услов да степен испуњености не сме бити већи од 65% пуног профила, што је условљено потребом за оваздушјење цевовода.



Слика 1. Резултати симулације

### 6.2 Анализа са индустријом

Имајући у виду положај насеља Ковиљ, односно близину великих градова и битних саобраћајница (аутопут Е75) постоји реална могућност да дође до отварања индустријских погона. Они као такви представљају додатно оптерећење на канализациону мрежу. У оквиру овог рада, анализирано је стање мреже у случају доласка погона од 2100 запослених распоређених у три смене. На деоници, непосредно пред пречистач отпадне воде, профил канализације са максималном испуњеношћу профила, забележену током дана, износи 55%. Тиме је испуњен услов да степен испуњености не сме бити већи од 65% пуног профила. Мала промена се оправдава чињеницом да постоји довољно простора у канализационој мрежи, чиме се утицај овако дефинисане индустрије на исту, неће значајно осетити.

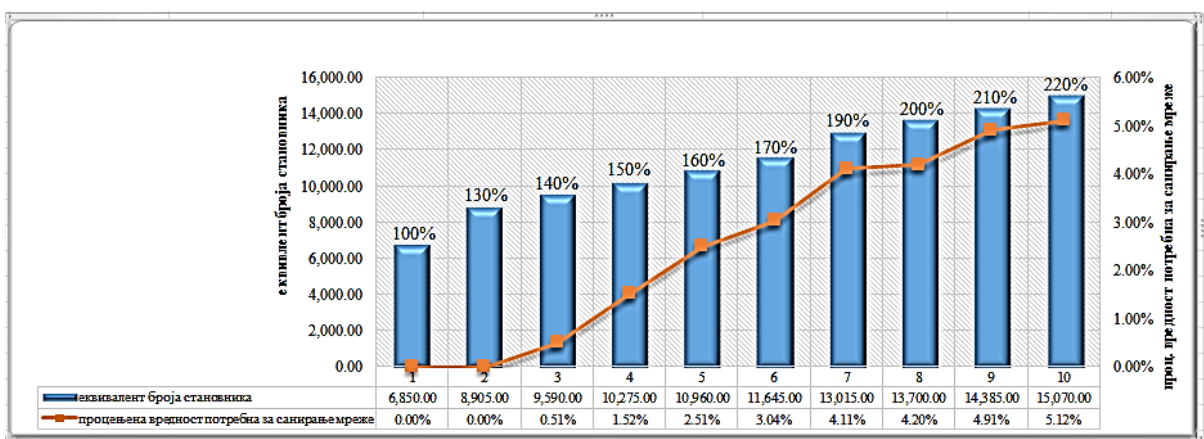
Треба имати у виду да се капацитет пумпи такође мења, али и да због претходног усвајања пумпи (за постојеће стање) на меродавне протоке увећане за 20%, можемо закључити да би мрежа са постојећим пумпама прихватила претходно дефинисану индустрију без потребе за додатним инвестирањем.

### 6.3 Анализа испитивања максималног оптерећења мреже укључујући и индустрију

У оквиру ове анализе канализациона мрежа се постепено оптерећивала подизањем специфичне деонице количине отпадне воде, уношене у програмски пакет EPA SWWM кроз чворно оптерећење. Симулација показује да за увећање  $Q_{spec,deon}$  од +30%, уз присуство претходно дефинисане индустрије степен испуњености не прелази дефинисану вредност од 65%. На Слици 2 приказан је дијаграм повећања деонице канализационе мреже, са прекорачењем услова да степен испуњености не сме бити већи од 65% пуног профила, према повећању укупне потрошње. Анализа је урађена до повећања укупне потрошње постојећег стања од 120%, где су резултати показали да је за такво стање потребно санирати око 5% укупне канализационе мреже. Под санирањем се подразумева, промена пречника или нагиба усвојених цеви критичних деоница.

Овако мала дужина канализационог система потребног за санирање, оправдава се великим ретензионим капацитетом мреже, што је последица дефинисаних пројектних услова, где се пре свега мисли на минималне пречнике цеви.

На Слици 3 приказан је пораст максималног протока, регистрованог у канализационој мрежи, према повећању укупне потрошње. Треба нагласити, да капацитети пумпи постојећег стања нису довољни за дефинисана повећања укупне потрошње, што изискује значајна инвестициона улагања.



Слика 2. Дијаграм повећања дела канализационе мреже, са прекорачењем задатог услова за степен испуњености, према повећању укупне потрошње



Слика 3. Дијаграм повећања максималног протока у часу највеће продукције употребљених вода

## 7. ЗАКЉУЧАК

У мастер раду је испитана подобност постојећег стања мреже, као и понашање канализационог система у случају доласка индустрије, односно драстичног повећања укупне потрошње употребљених вода. Хидрауличким прорачуном, користећи програмски пакет EPA SWMM 5.1, добијени су максимални протоци и брзине, као и степен испуњености у цевима дефинисаних пречника.

На територији насеља Ковиљ, за изградњу канализационог система су усвојене цеви од тврдог поливинил хлорида (PVC). Минимални усвојени пречник PVC цеви, уједно и најзаступљеније, јесте Ø250 mm, уз који се још јавља и Ø300 mm карактеристичан за главни колектор мреже. Будући да је техно-економском анализом утврђена потреба за изградњом дела потисне мреже, за њихову изградњу коришћене су цеви од полиетилена високе густине (PEHD).

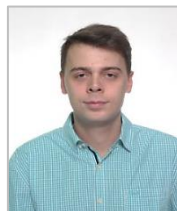
Пумпне станице посматраног подручја су истих габаритних димензија, када је у питању основа црпног базена, док се висина, односно дубина укопавања базена разликује као последица дефинисаних услова.

Максимални степен испуњености постојећег стања је забележен у часу највеће продукције отпадних вода и износи 54%. Тиме је остварен услов да степен испуњености не сме бити већи од 65% пуног профила. Такође, извршена анализа је показала да за случај доласка приказане индустрије, мрежа испуњава претходно наведен услов, чиме се, бар када је у питању потенцијал мреже, пружа могућност за прогрес посматраног места. Поред тога, студија испитивања капацитета мреже услед драстичног повећања меродавних количина отпадних вода, показала је да мрежа има велики ретенциони капацитет, услед чега је за 100% повећања укупне потрошње потребно санирати (промена пречника или нагиба критичних деоница) нешто преко 4% укупне канализационе мреже.

## 8. ЛИТЕРАТУРА

- [1] Писана предавања: доц. др Матија Стипић, Комунална хидротехника, Факултет техничких наука у Новом Саду, 2016
- [2] Хајдин Георгије: Механика флуида књига прва Увођење у хидраулику, Грађевински факултет, Београд, 2002
- [3] Милојевић Милоје, Снабдевање водом и канализација насеља, Научна књига, Београд, 1987
- [4] SWWM5- uputstvo za upotrebu

### Кратка биографија:



**Војко Шаркановић** рођен је у Новом Саду 1993. године. Дипломски рад из области грађевинарство – комунална хидротехника одбранио је 2017. године на Факултету техничких наука у Новом Саду. Мастер рад из области комуналне хидротехнике – анализа стања и развоја употребљених вода насеља Ковиљ одбранио је на истом факултету 2019. године.



**Матија Стипић** рођен је у Сомбору 1964. године. Докторирао је на Факултету техничких наука 2009. године у Новом Саду, а од 2011. има звање доцента. Област интересовања су му хидраулика и комунална хидротехника.