



## ИДЕЈНО РЕШЕЊЕ КАНАЛИСАЊА УПОТРЕБЉЕНИХ И АТМОСФЕРСКИХ ВОДА НАСЕЉА ГОСПОЋИНЦИ

### CONCEPTUAL SOLUTION OF SEWERAGE OF USED AND ATMOSPHERIC WATERS OF THE SETTLEMENT GOSPOĐINCI

Александар Којић, Матија Стипић, Факултет техничких наука, Нови Сад

#### Област – ГРАЂЕВИНАРСТВО

**Кратак садржај** – У раду је приказано идејно решење одвођења употребљених и атмосферских вода насеља Госпођинци. Представљен је пример канализационог система где се због топографије терена јављају велике дубине укопавања цевовода, што изискује изградњу црпних станица. Хидрауличка анализа одвођења употребљених и атмосферских вода из предметног насеља извршена је помоћу програмског пакета EPA SWMM 5.1.

**Кључне речи:** Одвођење употребљених и атмосферских вода, хидраулички прорачун канализационе мреже, хидрауличка анализа

**Abstract** – The paper presents the conceptual solution for the drainage of used and atmospheric water in the settlement of Gospodjinci. An example of a sewage system is presented, where due to the topography, large depths of pipeline burial occur, which requires the construction of pumping stations. Hydraulic analysis of drainage of used and atmospheric water from the settlement in question was performed using the software package EPA SWMM 5.1.

**Keywords:** Drainage of used and atmospheric water, hydraulic calculation of sewerage network, hydraulic analysis

#### 1. УВОД

Постојеће стање канализационе мреже употребљених и атмосферских вода у насељу Госпођинци је незадовољавајуће. Отпадне воде из домаћинства се евакуишу путем септичких јама чиме се непосредно загађује животна средина. Атмосферске воде из насеља одводе се путем отворених уличних канала који су делимично у функцији јер су већином запуштени и обрасли вегетацијом.

Циљ овог рада јесте побољшање услова који директно утичу на квалитет живота у Госпођинцима, а огледају се у већем степену заштите животне средине. Реализација поменутог захтева изградњу сепарационе канализационе мреже путем које ће се одводити употребљене и атмосферске воде из насеља ка реципијенту. Предвиђени реципијент канализационих система је канал Мала Бара који се налази у северном делу насеља.

#### НАПОМЕНА:

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

Употребљене воде представљају искоришћене воде у оквиру стамбених и пословних објеката и индустријске отпадне воде настале као последица технолошког процеса у индустрији. Атмосферске воде су настале као последица кише, града, топљења снега и слично. Главни колектор употребљених вода пружа се дуж Светосавске и Чурушке улице, а одвођење атмосферских вода је главним колектором који прати улицу Краља Петра Првог.

Код каналисања употребљених вода јавља се потреба за изградњом пет црпних станица, а случају атмосферских вода за једном. Изградња црпних станица проистекла је из ограничавања максималне дубине укопавања цевовода. Црпне станице подижу дубоко уклопане канале на више коте терена и након тога одвођење се наставља гравитационим путем. Одвођење отпадних вода је путем зацењене канализационе мреже, док је каналисање атмосферских вода спроведено комбиновањем отворених канала и зацењеног система.

#### 2. ОПШТЕ КАРАКТЕРИСТИКЕ НАСЕЉА ГОСПОЋИНЦИ

Госпођинци су насеље у Србији, у општини Жабаљ. Налазе се у Војводини, у јужној Бачкој. Од Жабља су удаљени 8 km. Према последњем попису из 2011. године, насеље има 3.715 становника. Госпођинци су типично равничарско, панонско насеље. Повезани су асфалтним путем и железничком пругом са свим већим привредним и културним центрима.

Подручје обухваћено регулационим планом насеља Госпођинци је територија катастарске општине Госпођинци.

Катастарска општина се граничи са општином Темерин са севера и запада, са општином Нови Сад са југа, а са истока катастарским општинама Чуруг, Жабаљ и Ђурђево. Површина катастарске општине Госпођинци је  $P = 5.205,77$  ha. Регулационим планом насеља предвиђено је да зона становања обухвата површину од 174,9 ha, те да просечна густина насељености износи 23 st/ha.

Иако данас у Госпођинцима нема активних индустријских капацитета, ову развојну могућност треба имати у виду због вишеструких погодности овог насеља као што су добра саобраћајна опслуженост, сировинско залеђе, понуда радне снаге, релативно ниски трошкови активирања и слично [1].

### 3. МОДЕЛИРАЊЕ ТЕЧЕЊА У КАНАЛИЗАЦИОНОЈ МРЕЖИ

Хидраулички прорачун течења је процес којим се описује понашање свих протицаја који се уливају на узводном крају сваког канала и њихово транспортање до низводног краја, током временског интервала  $\Delta t$ . Код канализационих система употребљених вода промена дотока је веома спора па се они могу третирати без узимања у обзир неустале појава. У случају атмосферске канализације неусталеност је изразито већа и не можемо је занемарити. Канализациони систем представља се као мрежа цеви повезаних чворовима, у којима су симулирани колектори, шахтови, преливи, пумпе, изливи и резервоари. Струјање воде у системима канализације обично се описује једначинама одржања масе и количине кретања за линијско (једнодимензионално) течење воде у отвореном каналу, тзв. Сен-Венановим једначинама. На поменути једначинама базиран је и програмски пакет EPA SWMM, а њихов облик је следећи:

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

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

Сен-Венанове једначине представљају парцијалне диференцијалне једначине које немају аналитичко решење. У програмском пакету EPA SWMM постоје три могућности за извођење хидрауличног прорачуна, односно решавање Сен-Венанових једначине:

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

Сваки следећи од наведених модела тачније решава једначине од претходног. Изостављање било каквих чланова поједностављује нумеричко решавање, али то за последицу има недовољну тачност тако добијеног решења. Из тог разлога, приликом хидрауличке анализе коришћен је модел динамичког таласа. Овај модел даје најпрецизније резултате зато што решава комплетне једнодимензионалне Сен-Венанове једначине. Моделом динамичког таласа могуће је симулирати све услове који доводе до промене протока а јављају се у канализационим системима у виду враћања воде, преоптерећења и плављења система[2].

### 4. ПРОГРАМСКИ ПАКЕТ EPASWMM

Програмски пакет EPA SWMM често се користи у фазама планирања, анализе и пројектовања система канализације за кишне и употребљене воде. Он омогућава да се у интегралном графичком окружењу врши унос података, покретање хидролошких, хидрауличких и симулација везаних за квалитет отицаја, као и преглед резултата у различитим формама. За потребе димензионисања и анализирања канализационе мреже насеља Госпођинци унети су неопходни улазни параметри. Тај процес је сложен и обухвата дефинисање свих елемената слива и канализационог система, њихово моделирање и задавање потребних вредности. Као улазне параметре

који су коришћени у овом раду, а потребни су за симулацију и анализу сепарационог одвођења употребљених и атмосферских вода, можемо навести следеће:

- број становника;
- предвиђени пројектни период;
- меродавна количина употребљене воде од стране становништва, индустрије, јавних објеката и инфилтрација стране воде;
- меродавна количина падавина
- површина пропусних и непропусних површина у оквиру слива
- коефицијенти непропусних површина
- коефицијент неравномерности дотока употребљених вода;
- врста и особине примењених цеви за канализацију (пречник, коэф. храпавости);
- максималне и минималне дубине полагања цеви у канализациони ров [3].

### 5. МЕРОДАВНИ ПОДАЦИ И ХИДРАУЛИЧКА АНАЛИЗА

#### 5.1. Употребљене воде

Употребљене воде чије је одвођење разматрано у овом раду, сачињене су од употребљених вода из домаћинства, индустрије и различитих установа. Поред наведених, у обзир су узете и могућности инфилтрирања подземних вода.

За хидраулично димензионисање одређених објеката канализационог система неопходно је познавати режим дотицаја отпадних вода који зависи од режима потрошње воде. Режим потрошње зависи од многобројних чинилаца који су у вези са начином живота и људским активностима. Знатније осцилације изражене су код насеља са мањим бројем становника где се уочава драстично мања потрошња воде ноћу него дању.

Потрошња је већа у јутарњим и послеподневним часовима. У већим, односно градским срединама ове осцилације су мање изражене, а фактор пропорционалности изражава се преко коефицијената дневне и часовне неравномерности.

У овом раду усвојен је коефицијент дневне неравномерности  $k_{max,dn} = 1.5$ , према немачком стандарду, у односу на број становника у насељу. Коефицијент часовне неравномерности износи  $k_{max,h} = 1.63$ . Усвојена специфична дневна потрошња (планирана потрошња) воде по становнику на дан  $qs_{pec} = 150 \text{ l/st/dan}$ . На основу усвојених параметара и познатог броја становника, израчунато је чворно оптерећење система, које се као такво уноси у модел.

Чворно оптерећење:

$$Q_{cvor,i} = Q_{spec,deon} * \Sigma L_i \quad (3)$$

$\Sigma L_i$  – низводне деонице од чвора.

## 5.2. Атмосферске воде

Падавине су најбитнији улазни податак у прорачуну отицаја и димензионасања колектора атмосферске канализације. Обрадом великог броја података о падавинама долази се до зависности између трајања, јачине и учесталости кише.

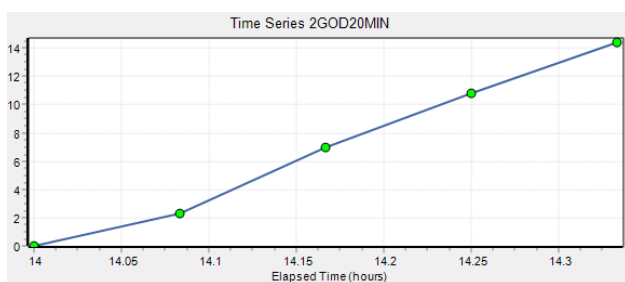
Ова зависност може се приказати у виду дијаграма или у виду једначина. У пракси се најчешће користи дијаграм на ком се приказује зависност интензитета кише-трајања кише-повратни период (тзв. ИТР криве). Свака сливна површина у програмском пакету EPA SWMM повезана је са кишомером који је извор улазних падавина за дати слив.

У зависности од врсте хидротехничких објеката које пројектујемо, меродавне величине за њихово димензионасање су најчешће протицаји, нивои воде и запремине. Начин одређивања меродавних протицаја на основу рачунских киша састоји се од следећих корака:

- Одређивање рачунских киша
- Одређивање ефективне кише (трансформација бруто у нето кишу)
- Трансформација ефективне кише у хидрограм отицаја

Због недоступности података о падавина у самом насељу Госпођинци, у овом раду коришћени су подаци о падавинама са метеоролошке станице Римски Шанчеви [4], која се налази недалеко од Новог Сада и предметног насеља. Према препорукама европског стандарда EN 752-2, канализациони систем руралног насеља какви су и Госпођинци димензионисан је на кишу двогодишњег повратног периода.

Провера мреже извршена је на основу десетогодишње кише, услед које сме дочи до течења под притиском и плављења. Трајање меродавне кише за потребе овог рада је 20 минута, а симулација почетка падавина је у 14:00 часова. Сумарна линија кише која је коришћена приликом димензионасања атмосферске канализације дата је на следећој слици (слика бр.1).



Слика бр.1: Сумарна линија кише повратног периода 1 у 2 године и трајања 20 минута[5]

## 6. ОБЈЕКТИ НА КАНАЛИЗАЦИОНОЈ МРЕЖИ

Као основни објекти на изградњи канализационе мреже наводе се: цевоводи, ревизиони силизи-шахтови, каскаде, резервоари, преливи, испусти, црпне станице. У случају атмосферске канализације додатно још имамо присуство отворених канала и сливника.

Приликом изградње канализационог система посебну пажњу треба обратити на минимални и максимални подужни пад цевовода. Минимални нагиб мења се у зависности од пречника цеви и прописан је из разлога остваривања минималне транспортне моћи и само-испирања цевовода. Максимални нагиби ограничавају се у циљу спречавања хабања цевовода и пратећих објеката услед великих брзина тока. Такође, прописан је и минимални пречник цеви код канализационог отпадних вода од  $\phi 250$  mm, док је код атмосферских вода минимални пречник  $\phi 300$  mm.

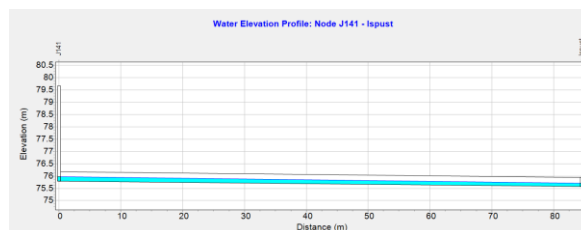
За изградњу канализационог система употребљених вода усвојене канализационе PVC цеви, чији се пречници крећу од  $\phi 250$  до  $\phi 400$ mm.

Оно што је карактеристично за атмосферску канализацију код равничарских предела, какви су и Госпођинци, јесте присуство отворених уличних канала попречног пресека у облику трапеза. У овом раду су усвојени су на местима где год је било могуће, и њихова минимална дубина износи 0.5 метара. Деонице отворених канала пружају су се до дубине укопавања од 1.3 метра након чега се настављају зацељени канализациони колектори. Усвојени минимални нагиб дна канала износи 0.05%. Брзина воде у каналима ограничава се од минималних 0.3 m/s до максималних 0.9 m/s. Нагиб косина канала зависи од карактеристика земљишта и за насеље Госпођинци усвојен је нагиб од 1:1.5.

За изградњу атмосферске канализационе мреже усвојене су цеви од полиестера ојачане стакленим влакнима.

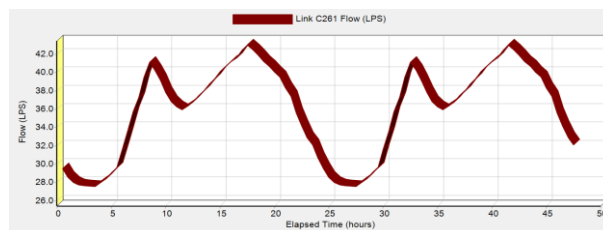
## 7. РЕЗУЛТАТИ ПРОРАЧУНА

Слика бр.2 приказује подужни профил деонице која се налази непосредно пред испусти канализације употребљених вода. Максимална испуњеност колектора износи 40% чиме је задовољен критеријум ограничења максималне испуњености од 65%..



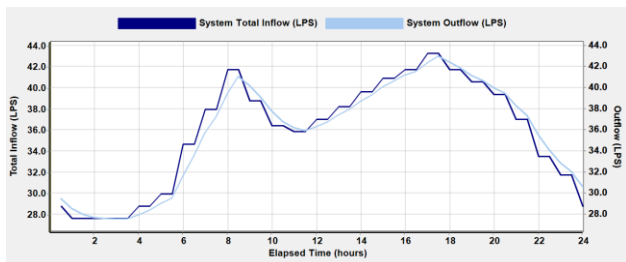
Слика бр.2: Приказ резултата симулације[5]

На слици бр.3 приказана промена протока кроз поменути деоницу која је непосредно пре канализационог излива. Пик протока кроз ову деоницу јавља се у 17 h и износи 43,04 l/s.



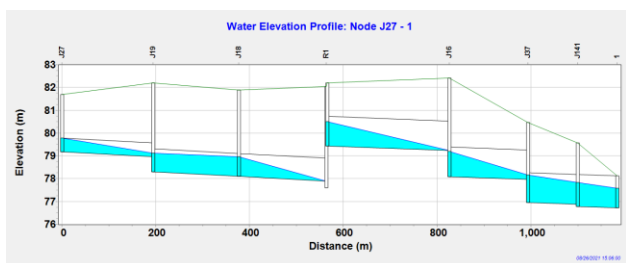
Слика бр.3: Приказ резултата симулације [5]

На слици бр.4 приказани су збирни улазни и излазни хидрограми целог канализационог система употребљених вода, у току 24 сата. Јасно се уочава разлика улазног и излазног хидрограма, што је последица велике дужине канализационе мреже.



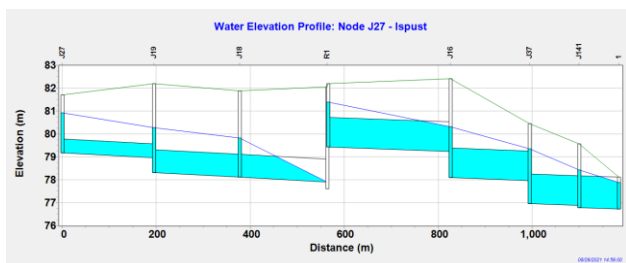
Слика бр.4: Приказ резултата симулације[5]

Код канализације атмосферских вода максимална оптерећеност главног колектора током кише повратног периода 1 у 2 године јавља се сат времена након почетка падавина, слика бр.5.



Слика бр.5: Приказ резултата симулације[5]

Просечна испуњеност главног колектора при десетогодишњој киши износи 98%. Са следеће слике јасно се уочава преоптерећеност система.



Слика бр.6: Приказ резултата симулације[5]

## 8. ЗАКЉУЧАК

У овом мастер раду приказано је једно од идејних решења сепарационог одвођења употребљених и атмосферских вода.

Према расположивим подлогама и прикупљеним подацима, систем одвођења употребљених и атмосферских вода је испројектован као комбинација гравитационог система и система под притиском. Код канализације употребљених вода јавља се потреба за изградњом 5 црпних станица, а у случају атмосферских потреба је за једном црпном станицом.

За изградњу потисног цевовода коришћене су полиетиленске цеви високог квалитета. У оба случаја усвојен је за реципијент канал Мала Бара, који се налази у северном делу насеља.

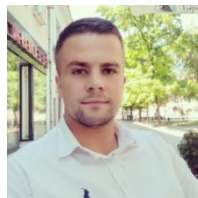
Моделирањем мреже и симулацијом њеног рада у програмском пакету EPA SWMM 5.1., добијени су излазни подаци у виду максималних протока, брзина и максималних испуњености колектора. На основу њих усвојени су потребни пречници и димензије канализационе мреже.

У оквиру рада димензионисани су и основни објекти система канализације као што су црпне станице. Након проналаска оптималног решења итеративним методама, дат је приказ свих резултата прорачуна у форми табела и у графичкој форми.

## 9. ЛИТЕРАТУРА

- [1] Регулациони план насеља Госпођинци
- [2] Механика флуида књига прва. Увођење у хидраулику, Георгије Хајдин, Грађевински факултет, Београд, 2002
- [3] Ана Мијић – Примена програмског пакета EPA SWMM, за моделирање отицаја са урбаних сливова, 2006
- [4] Писана предавања: доц. др Матија Стипић, Комунална хидротехника, Факултет техничких наука у Новом Саду, 2016
- [5] EPA SWMM 5.1. – Софтвер за хидрауличку анализу и симулацију

### Кратка биографија:



**Александар Којић** рођен је 14. октобра, 1993. године у Лозници. Дипломски рад из области грађевинарства – хидротехничке мелiorације одбранио је у октобру, 2018. године на Факултету техничких наука у Новом Саду. Мастер рад из области комуналне хидротехнике под називом – „Идејно решење канализације употребљених и атмосферских вода насеља Госпођинци“ одбранио је на истом факултету 2021. 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.