

HIDRAULIČKA ANALIZA ODVOĐENJA UPOTREBLJENIH VODA NASELJA KUKUJEVCI**HYDRAULIC ANALYSIS ABOUT EVACUATION OF WASTE WATER FROM TOWN KUKUJEVCI**Marko Prodanović, Goran Jeftenić, *Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad***Oblast – GRAĐEVINARSTVO**

Kratak sadržaj - U ovom radu su definisani osnovni elementi kanalizacije otpadnih voda za naselje Kukujevci. Urađeni su potrebni hidraulički proračuni za povučene trase kanalizacione mreže i usvojene potrebne dimenzije osnovnih objekata mreže. Prilikom proračuna uzeta je u obzir i buduća planirana količina otpadne vode koja će doticati iz naselja Erdevik i Bingula.

Ključne reči: Kanalizacija, otpadne vode, hidraulički proračun.

Abstract – In this paper, the basic elements of the sewage system for the town Kukujevci were defined. Necessary hydraulic calculations were made for the route of the sewage network and the necessary dimensions of the network's basic facilities were defined. During the calculation, the future planned amount of waste water that will flow from towns Erdevik and Bingula was also taken into account.

Keywords: Sewage systems, waste water, hydraulic calculation

1. UVOD

Projektom je obuhvaćena kanalizacija otpadnih voda za celokupno naselje Kukujevci sa odvodnim cevovodom do uređaja za prečišćavanje otpadnih voda u južnom delu naselja (definisan je samo položaj prečištača i on se dalje od toga neće obrađivati u ovom radu).

Trenutno stanje je takvo da se opadne vode odvođe putem septičkih jama koje su vodopropusne usled čega dolazi do zagađenja podzemlja. Iz tog razloga potrebno je uraditi kanalizacionu mrežu za odvođenje otpadnih voda čime će se znatno poboljšati uslovi za život građana i zaštititi životna sredina. Potrebno je definisati trasu kolektora i usvojiti potrebne dimenzije cevi koje će odvoditi otpadnu vodu iz domaćinstava i industrije u obližnji meliorativni kanal (sa prethodnim tretmanom na pomenutom postrojenju za prečišćavanje otpadnih voda).

Predmet rada je definisanje i dimenzionisanje osnovnih objekata za odvođenje otpadnih voda u naselju Kukujevci (uz dodatni doticaj iz Erdevika i Bingule).

2. HIDRAULIČKA ANALIZA ODVOĐENJA UPOTREBLJENIH VODA**Opis izabranog rešenja odvođenja otpadnih voda**

Obradena je kanalizaciona mreža naselja Kukujevci unutar granica građevinskog reona, kojom evakuisane upotrebljene vode gravitiraju ka lokaciji definisanoj za ispuštanje upotrebljenih voda u recipijent. Krajnji recipijent prečišćenih upotrebljenih voda je meliorativni kanal.

Ovim rešenjem kanalizacione mreže, predviđeni su glavni (primarni) kolektori i njima pripadajuće deonice-sekundarni kolektori.

Takođe, predviđen je i odgovarajući broj crpnih stanica koje imaju ulogu podizanja vode (da bi se izbegle velike dubine ukopavanja cevovoda). Ovo rešenje zahteva i 278.3m potisnog cevovoda.

Kanalizaciona mreža naselja Kukujevci se sastoji od:

1. glavnih kolektora (primarnih kolektora)
2. sekundarnih kolektora - deonica
3. crpnih stanica (proračunom su predviđene 2 crpne stanice)
4. potiskog cevovoda
5. ostalih objekata na mreži (revizionih okana, kućnih priključaka, muljnih ispusta, vazdušnih ventila)

U naselju Kukujevci usvojena je početna dubina ukopavanja od 1.4 m od kote terena do kote nivelete cevi na deonici, a maksimalna dubina iskopa iznosi oko 4 m. Kao cevni materijal izabrane su PVC cevi kompanije Peštan.

Minimalne i maksimalne brzine tečenja upotrebljene vode u kanalizacionim kolektorima

U sistemima za odvodnju otpadnih voda nisu poželjne ni male ni velike brzine tečenja. Male brzine pogoduju taloženju suspendovanih materija i mogućnosti začepjenja profila, a usled velikih brzina dolazi do abrazije cevi (delovanjem suspenzija u vodi). Iz tih razloga se sprovodi ograničenje minimalnih i maksimalnih brzina tečenja otpadne vode u sistemima za odvodnju otpadnih voda.

$$V_{min} = 1.57 * R^{\frac{1}{n}}$$

$$n = 3.5 + 0.5 * R$$

gde je:

NAPOMENA:

Ovaj rad proistekao je iz master rada čiji mentor je bio doc. dr Goran Jeftenić.

R - hidraulički radijus cevi

U mnogim slučajevima je teško zadovoljiti ove veličine najmanjih brzina, pa se dopuštaju i manje brzine tečenja upotrebene vode u kanalizacionim cevima.

Brzina tečenja upotrebene vode u kanalizacionim sistemima takođe treba biti i manja od određene maksimalne vrednosti radi eliminisanja habanja cevi i spojeva, uzrokovanog delovanjem suspenzija u otpadnoj vodi. Pri velikim brzinama protoka, atmosferske vode su po pravilu dodatno opterećene materijalom koji izaziva habanje kanalizacionih cevi. Obično je maksimalna dozvoljena brzina (v_{max}) u plastičnim kanalizacionim cevima[1]:

$$V_{max} = 5.0 \text{ m/s}$$

Minimalno padovi dna cevovoda

Kod polaganja „PEŠTAN” kanalizacionih cevi posebnu pažnju treba posvetiti podužnom padu cevi pogotovo minimalnom. S obzirom da je tečenje u kanalizacionim kolektorima gravitaciono i da se u upotrebnoj (otpadnoj) vodi nalazi određena količina vučenog nanosa (suspendovanih čestica), minimalni podužni pad predstavlja onaj nagib cevi koji, pri gravitacionom tečenju upotrebne vode, obezbeđuje potrebnu energiju za vučenje nanosa odnosno koji sprečava istaložavanje suspendovanih čestica u cevovodima.

Minimalni podužni padovi mogu se dobiti korišćenjem određenih empirijskih obrazaca, a obrazac koji se najčešće koristi u domaćoj i stranoj inženjerskoj praksi je: $I_{min} = 1/d$ d-unutrašnji prečnik

Tabela 1. Minimalni padovi u zavisnosti od klase cevi

DN	Klasa cevi	d (mm)	I_{min} (‰)
110	SN4,SN8	103,6	9.65
125	SN4	118,6	8.43
125	SN8	117,6	8.5
160	SN2	153,6	6.51
160	SN4	152	6.58
160	SN8	150,6	6.64
200	SN2	192,2	5.2
200	SN4	190,2	5.26
200	SN8	188,2	5.31
250	SN2	240,2	4.16
250	SN4	237,6	4.21
250	SN8	235,4	4.25
315	SN2	302,6	3.3
315	SN4	299,6	3.34
315	SN8	296,6	3.37
400	SN2	384,2	2.6
400	SN4	380,4	2.63
400	SN8	376,6	2.66
500	SN2	480,4	2.08
500	SN4	475,4	2.1
500	SN8	470,8	2.12

Merodavne količine otpadne vode za dimenzionisanje kanalizacionih kolektora

Osnovni parametar za dimenzionisanje kanalizacionih kolektora jeste količina upotrebljenih voda koja se odvodi cevovodima gravitacionim putem, sa slobodnim nivoom vodenog ogledala. Količina upotrebljenih voda se izražava preko specifičnog dotoka otpadnih voda. Specifični dotok otpadne vode (srednje specifično oticanje) qsp. se definiše kao srednji dnevni dotok otpadne vode po jednom stanovniku. U slučajevima kada se specifični dotok otpadnih voda računa na osnovu podataka o potrošnji vode, treba imati u vidu da se deo pitke vode troši na namene koje ne podležu odvodnji (voda za piće, pranje vozila, gubici na vodovodnoj mreži, pojenje krupne i sitne stoke itd.). Ispitivanjima je utvrđeno da specifični dotok otpadnih voda u proseku iznosi 85-90 % specifične dnevne potrošnje vode.

Specifična potrošnja vode q_{spec} za naselja Kukujevac, Erdevik i Bingula izračunata je na osnovu podataka o godišnjoj potrošnji vode stanovništva i privrede, dobijenih od opštine Šid.

Kanalizaciona mreža se projektuje i dimenzioniše na maksimalno časovno opterećenje (na maksimalni časovni protok otpadnih voda) $Q_{max,h}$ odnosno na opterećenje u udarnom času dana sa najvećom produkcijom otpadne vode:

$$Q_{max,h} = k_{max,dn} \cdot k_{max,h} \cdot Q_{sr,dn}$$

gde je:

$Q_{max,h}$ - maksimalni časovni dotok upotrebne vode (l/s)

- $k_{max,dn}$ - maksimalni koeficijent dnevne neravnomernosti
- $k_{max,h}$ - maksimalni koeficijent časovne neravnomernosti
- $Q_{sr,dn}$ - srednji dnevni protok upotrebne vode

Tabela 2. Koeficijenti dnevne i časovne neravnomernosti[2]

Tip naselja	$K_{max,dn}$	$K_{max,h}$
Banje, letovališta	1.7	2.5
Sela i gradovi do 10.000 stanovnika	1.6	2.0
Gradovi do 25.000 stanovnika bez industrije	1.5	1.7
Gradovi do 25.000 stanovnika sa industrijom	1.4	1.4
Gradovi od 50.000 do 100.000 stanovnika	1.3	1.3
Gradovi preko 100.000 stanovnika	1.25	1.2

Usvojene vrednosti:

- $k_{max,dn} = 1.6$
- $k_{max,h} = 2$

Na osnovu analize potrošnje vode domaćinstva, planirane industrije i infiltracije izvršen je hidraulički proračun kanalizacionih kolektora i usvojene potrebne dimenzije cevi, potrebni padovi, brzine i protoci u cevima.

Na mestima velikih ukopavanja cevi postavljene su crpne stanice. Proračunom su predviđene 2 crpne stanice.

Usvajaju se dve pumpe u crpnom bazenu, jedna radna i jedna rezervna. Usvojeni kapaciteti crpnih stanica su:

Za CS1: $Q = 45.42 \text{ l/s}$

Za CS2: $Q = 5.22 \text{ l/s}$

Za CS1 Usvaja se potapajuća, centrifugalna pumpa za otpadnu vodu tip: Xylem Flygt NP 3127 MT3~adaprive 437. Kapacitet pumpe $Q=45.9 \text{ l/s}$, $H=9.15 \text{ m}$.

Za CS2 Usvaja se potapajuća, centrifugalna pumpa za otpadnu vodu tip: Xylem Flygt DP 3069 LT 3~412. Kapacitet pumpe $Q=6.21 \text{ l/s}$, $H=5.35 \text{ m}$.

Programski paket EPA SWMM [3]

Hidraulički proračun odvođenja upotrebljenih voda je izvršen pomoću programskog paketa EPA SWMM [3].

EPA Storm Water Management Model (SWMM) je dinamički, fizički baziran model kojim se simulira proces transformacije padavina u oticaj. Može se koristiti za simulaciju jednog događaja ili za kontinualnu simulaciju količine i kvaliteta oticaja, primarno sa urbanih površina. Program je podeljen na komponente (metode proračuna) kojima se modeliraju određene faze procesa, kao što je površinski oticaj ili tečenje u cevima.

Podaci o mreži

Za projektovanu kanalizacionu mrežu prikazani su sledeći podaci:

- dužina kolektora,
- oblik kolektora,
- podužni nagib kolektora.
- čvorovi mreže
- kote terena
- kote dna kanala

Za proračun tečenja u mreži izabran je model dinamičkog talasa sa promenljivim vremenskim korakom.

Programski paket Urbano Canalis

Urbano Canalis je softverski paket za projektovanje kanalizacionih sistema koji rade u bilo kojoj Autodesk platformi [4]. Softver radi unutar AutoCad, AutoCad MAP ili AutoCad Civil 3D i može lako da razmenjuje podatke sa AutoCad-om Civil 3D-om i može se koristiti u složenim projektima infrastrukture.

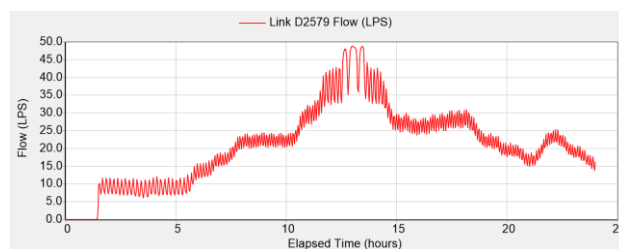
Digitalni modeli terena razvijeni u AutoCad Civil 3D mogu biti osnova za proračun nadmorske visine terena u okviru Urbano Canalis.

Efikasnost korišćenja Urbano Canalis softvera za projektovanje atmosferskih voda i kanalizacionih sistema je postignuta tako što je:

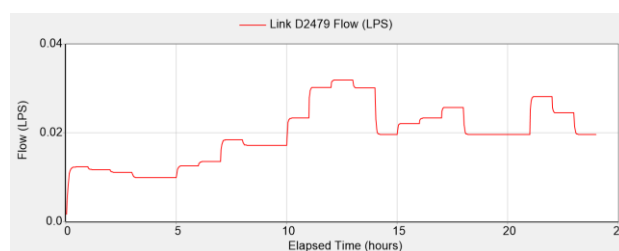
- Manje vremena utrošenog na kreiranje crteža
- Prilagođeno predstavljanje i prikazivanje informacija
- Završni crteži izrađeni u “.dwg” formatu što je najopštije prihvaćeni format datoteke za građevinske inženjere.

3. REZULTATI PRORAČUNA

Hidrogrami promene protoka



Slika 1. Hidrogram promene protoka u deonici D2579 (deonica sa najvećim protokom na kraku K0)

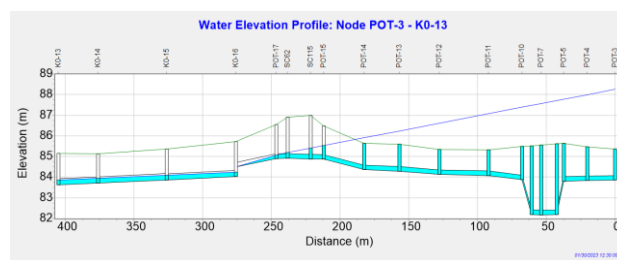


Slika 2. Hidrogram promene protoka u deonici D2479 (deonica sa najmanjim protokom na kraku K1)

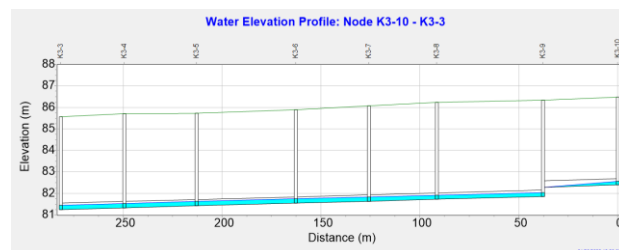
Karakteristični podužni profili

Prilikom modeliranja oticaja otpadnih voda najveći proticaji (najveći koeficijenti časovne neravnomernosti) su usvojeni u 12:00. Takođe oticaj od industrije je maksimalan u 12:00.

Podužni profili su pokazani u 12:30 jer je otpadnoj vodi potrebno vremena da postigne maksimalnu ispunjenost.



Slika 3. Podužni profil deonice na kraku K0



Slika 4. Podužni profil deonice na kraku K3

4. ZAKLJUČAK

U ovom radu je sagledano celovito jedno naselje. Ovakve hidrauličke analize su neophodne pri planiranju radova

jednog naselja i trebalo bi da se koriste i za izradu urbanističkih planova.

Ovakve analize predstavljaju generalna rešenja infrastrukture za svako naselje.

Ukupna dužina projektovanog kolektora otpadnih voda iznosi $L=13896.3$ m. Od toga $L=13618$ m je gravitacija, a 278.3 m je potisni cevovod.

Bitno je napomenuti da zbog postojanja otvorenih zemljanih kanala, naročito u severnom delu naselja, bilo neophodno niveletu kanalizacije dublje ukopati čak i u najuzvodnijim delovima trase, što je rezultovalo većim dubinama ukopavanja na predmetnim deonicama.

5. LITERATURA

- [1] Бранислав Кујунџић: „ Урбани системи за одвођење отпадних вода“, Београд, 2001.
- [2] Snabdevanje vodom i kanalisanje naselja Miloje Milojevic 1995
- [3] Ana Mijić: Primena programskog paketa SWMM za modeliranje oticaja sa urbanih slivova.
- [4] Studio ARC Hrvatska – Urbano Canalis – Modul, Specijalizovana aplikacija za projektovanje sistema otpadnih voda

Kratka biografija:



Marko Prodanović rođen je u Novom Sadu 1990. godine. Master rad na Fakultetu tehničkih nauka iz oblasti Građevinarstvo - Hidrotehnika odbranio je 2023. godine.