



КОРИСТЕЊЕ НА SWMM ЗА ДИМЕНЗИОНИРАЊЕ НА СИСТЕМОТ ЗА ОДВОДНУВАЊЕ НА ПАТИШТАТА USING SWMM FOR DIMENSIONING OF ROAD DRAINAGE SYSTEMS

Гоце Тасески¹, Петко Пеливаноски², Никола Крстовски³

¹ Вон. Проф. д-р., Градежен факултет, Универзитет “Св. Кирил и Методиј”, Скопје, Република С.Македонија, taseski@gf.ukim.edu.mk

² Проф. Д-р, Градежен факултет, Универзитет “Св. Кирил и Методиј”, Скопје, Република С.Македонија, pelivanoski@gf.ukim.edu.mk

³ м-р, Градежен факултет, Универзитет “Св. Кирил и Методиј”, Скопје, Република С.Македонија, nikolatudence@gmail.com

Апстракт

Еден од клучните компоненти за безбедно одвивање на сообраќајот кај сите видови на патишта е системот за прифаќање и одведување на атмосферските води, кој најчесто се состои од: риголи, сливници, шахти, цевки, преливници, испусти и др. Под оптималното димензионирање на системот за одведување на патиштата се подразбира определување на димензиите на сите составни елементи на системот под одреден предвиден интензитет на дожд кој пак зависи од времетраењето на дождот и повратниот период. Целта на овој труд е со примена на Storm Water Management Model (SWMM) и примена на рационалната метода да се определат оптималните димензии на системот за прифаќање на атмосферските води и нивно безбедно евакуирање од патиштата, при тоа посебно детално ќе се анализира големината на растојанието помеѓу сливниците во зависно од промената на времетраењето и повратниот период на врнежите - интензитетот на дождот, при што според добиените резултати ќе се дадат препораки за оптимално димензионирање на системот за одводнување со оптимален избор на интензитет на дожд.

Клучни зборови

SWMM, Рационална метода, Атмосферски води, одводнување риголи, сливници,

Abstract

One of the key components for the safe flow of traffic on all types of roads is the system for receiving and draining stormwater, which usually consists of: gutters, downspouts, manholes, pipes, overflows, outlets, etc. Optimal dimensioning of the road drainage system means determining the dimensions of all component elements of the system under a certain predicted intensity of rain, which in turn depends on the duration of the rain and the return period. The purpose of this paper is to use the Storm Water Management Model (SWMM) and the rational method to determine the optimal dimensions of the system for receiving stormwater and its safe evacuation from the roads, while analyzing in detail the size of the distance between the drains depending on the change in the duration and return period of the precipitation - the intensity of the rain, and according to the results, recommendations will be given for the optimal dimensioning of the drainage system with the optimal choice of the intensity of the rain.

Key words

SWMM, Rational method, Atmospheric waters, draining gutters, downspouts,

1. ВОВЕД

Животниот век како и безбедното одвивање на сообраќајот на сите видови патишта во голема мерка зависи од навременото прифаќање и одведување на атмосферските води од коловозната конструкција, па затоа значајно е применетите објекти за прифаќање на атмосферските води во фазата на проектирање да се оптимално димензионирани и во фазата на експлоатација да се едноставни за одржување [2].

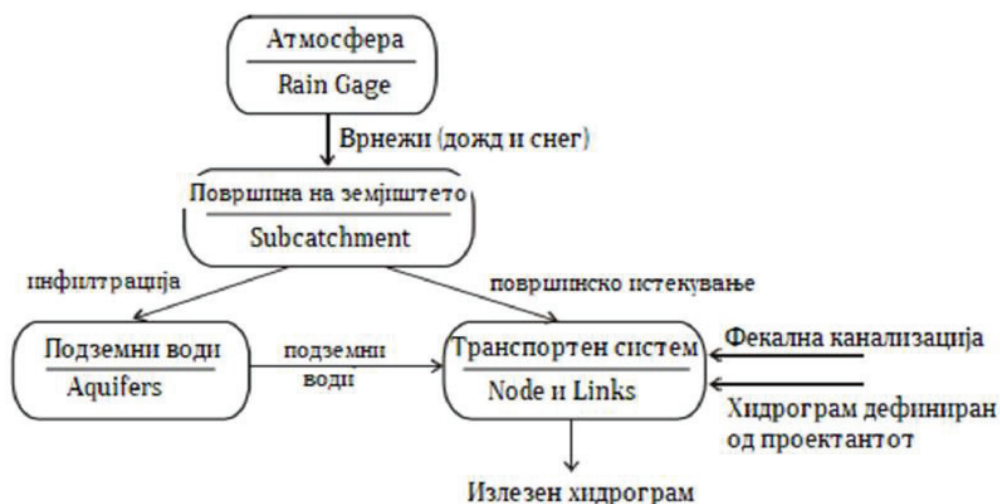
Под оптималното димензионирање на системите за одводнување на коловозната конструкција кај патиштата се подразбира креирање на систем од објекти (риголи, сливници, колектори, испусти и сл.) кои ќе ја прифатат атмосферската вода и без поголемо задржување ќе ја спроведат во колекторскиот систем. Сите овие објекти за да може да функционираат во една целина односно да може да ги прифатат меродавните количини на атмосферски води, во современиот пристап на оптимално димензионирање се подразбира креирање на еден заеднички хидраулички модел во кој ќе се моделирани сите објекти од системот за одведување на патиштата.

Па така, целта на овој труд е со примена на софтверскиот пакет EPA SWMM да се направи хидрауличка анализа преку која ќе се определат димензиите на еден систем за прифаќање на атмосферските води од коловозната конструкција и тоа за различни интензитети на дождот, при тоа за оваа анализа е користен дел од систем за одводнување на една градска сообраќајница.

2. КОРИСТЕН СОФТВЕР

Како што беше претходно наведено еден од современите пристапи за димензионирање на систем за одводнување на патиштата е користење на софтверскиот пакет EPA SWMM кој е динамичко-физички базиран модел со кој што се симулира процесот на трансформација на врнежите во истекување. Може да се користи за еден настан или за подолготрајна симулација на количината и квалитетот на истечената вода, најчесто од урбаните површини [1].

Овој софтвер е развиен од американската агенција за заштита на животната средина во 1971г. И многу често се користи во фазите на планирање, анализа и проектирање на канализационите системи за прифаќање на атмосферските и фекалните води, пропусти под пат, отворени канали и сл. SWMM овозможува внес на податоци во виртуелна средина и потоа врз база на тој влез од податоци да се направи хидролошки, хидраулички симулации и симулации на квалитетот на водата, како и преглед на добиените резултати во различни формати [1].

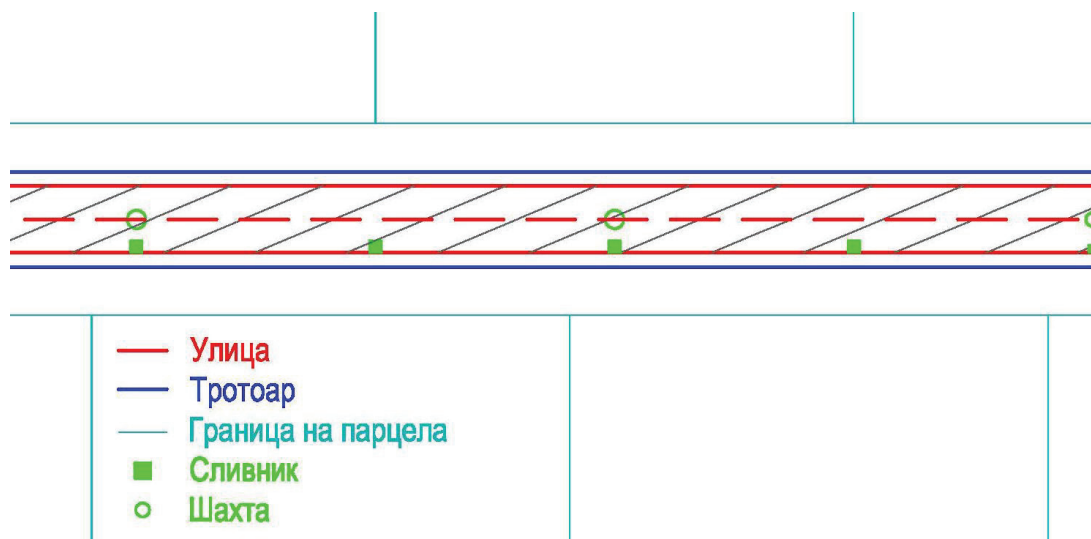


Слика 1: Шематски приказ на работата на SWMM
Извор: SWMM упатство

Концептот на работа на SWMM се базира на интеракција на неколкуте главни компоненти од животната средина, кои се моделираат како објекти. Тие компоненти и објекти се дадени на претходната слика 1.

3. МЕТОДОЛОГИЈА

За хидрауличка анализа најпрво е креирана геометријата на една градска сообраќајница при тоа усвоено е да во припадна површина за определување на атмосферските води влегува само делот од улицата без околните површини кои не се предмет на анализа. Ваквата претпоставка е оправдана бидејќи со овој труд целта е да се направи хидраулички модел за димензионирање на сливниците. Сообраќајницата има подолжен наклон од 0.3%, попречен наклон од 2.5% и е со ширина од 10m и за истата е земен коефициентот на отекување на изнесува 0.95.



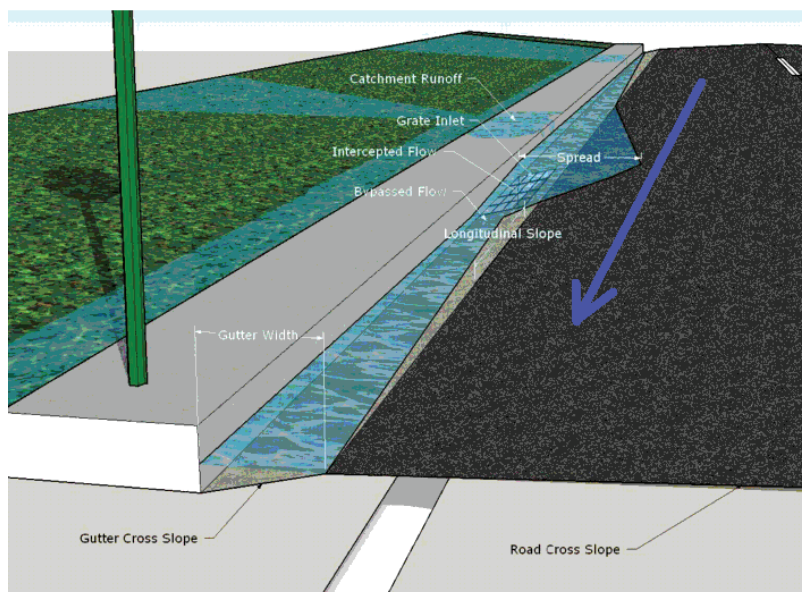
Слика 2: Шематски приказ на системот за одводнување – градска сообраќајница

Следно во хидрауличкиот модел се креирани сите потребни елементи од системот за одводнување како што се: сливници, риголи, ревизиони шахти, колектори и испуст.

За оваа анализа се предвидени сливници со отвор – решетка со димензии 50/50 cm и големина на отвори од 5cm. Растојанието помеѓу сливниците во првичната анализа е предвидено да изнесува 25 m односно вкупната сливна површина која гравитира кон еден сливник изнесува 250m². Ваквото растојание е усвоено од фактот дека според одредени препораки кај нас, 25m растојание се смета дека е оптимално. Понатака сите сливници се поврзани со класична ригола со ширина од 50 cm додека попречениот наклон на риголата во една варијанта е еднаков со попречниот наклон на коловозот а во другата варијанта е 25% - типска ригола.

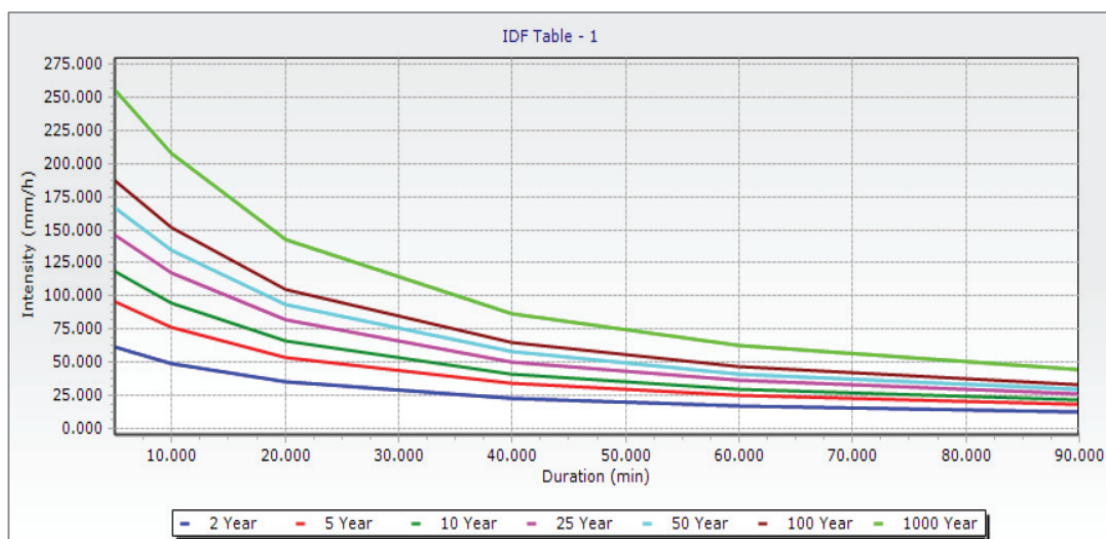
Во хидрауличкиот модел исто така се моделирани и останатите објекти како што се колекторските цевки и испустите иако ове елементи не се предмет на ова анализа.

Тука важно е да се напомене дека при појавата на интензивни врнежи поради носење на листови, гранки и сл. најчесто доаѓа до делумно запушување на отворите на решетката од сливниците па затоа во хидрауличката анализа се претпоставува дека сливниците ќе функционираат со 50% запушеност и на така дефинирана функција на сливниците за цело време е контролирана ширината на плавење на коловозот (Spread) кој претставува главен индикатор за функционирањето на системот за одводнување на патот.



Слика 3: Сливник со отвори – решетка кој е користен при анализата
Извор. Basic Storm Sewer Design & Modeling, 2017 Bentley Systems Incorporated

Како влезни параметри за определување на меродавниот дожд за кој се прави хидрауличката анализа се земени кривите на интензитет, траење и повторивање за дождомерна станица Скопје и истите се дадени на следнава слика 4. При што направени се повеќе анализи за повратен период од 2, 5, 10, 50 и 100 години со времетраење на дождот од 10 минути.



Слика 4: I-t-p криви за дождомерна станица Скопје

Со вака дефинираните влезни параметри и користење на софтверскиот пакет EPA SWMM е избрана Рационалан метода за анализа.

Рационаланат метода е најприфатлива метода за определување на максималните количини на вода при димензионирање на системите за одводнување на патиштата и истата е дефинирана со следнава равенка [3]:

$$Q = KCiA \quad (1)$$

Каде,

Q – макизмален проток (пик), во m³/s,

K – коефициент за трансформација на дождот K=0.00275,

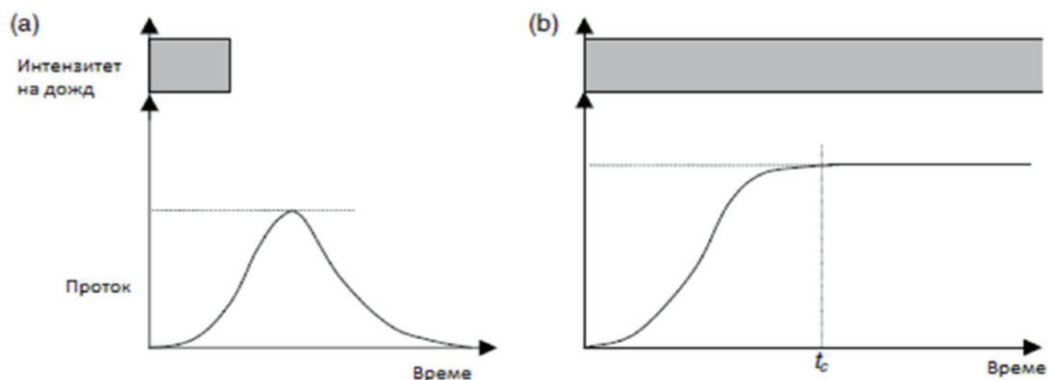
C – коефициент на отекување,
 i – интензитет на дождот, во mm/h,
 A – припадна – сливна површина, во ha.

Кај оваа метода значајно е да се определи коефициентот C кој претставува производ од коефициентот на закаснување и отекување и истиот зависи од типот на површината, влагата, инфилтрацијата, наклонот на површината, испарувањето, обликот на површината и друго. За овој коефициент се препорачува по методот на тежинска застапеност да се определи осреднет коефициент, со помош на следнава равенка.

$$C_W = \frac{C_1 A_1 + C_2 A_2 + \dots + C_n A_n}{A_t} \quad (2)$$

Два клучни параметри од кои што зависи максималниот проток се времето на концентрација t_c и времето на траење на дождот t_d .

Време на концентрација (t_c) се дефинира како времето потребно за капките од хидраулички најоддалеченото место од сливот стигнат до разгледуваниот профил. Ако времето на траење на дождот $t_d < t_c$, тогаш максималниот проток ќе биде помал, бидејќи целата сливна површина не учествува во формирањето на протокот (слика 5 а). Ако $t_d > t_c$ тогаш до времето на концентрација ќе имаме зголемување на протокот до некој максимален, а потоа истекувањето ќе биде со тој максимален проток (слика 5 б). Максимален проток ќе се добие ако $t_d = t_c$ бидејќи целата сливна површина ќе учествува во формирањето на протокот, а времетраењето на дождот ќе биде помало споредено со претходниот случај. Дождовите кои што имаат помало времетраење имаат поголем интензитет, а со тоа и поголемо максимално истекување.

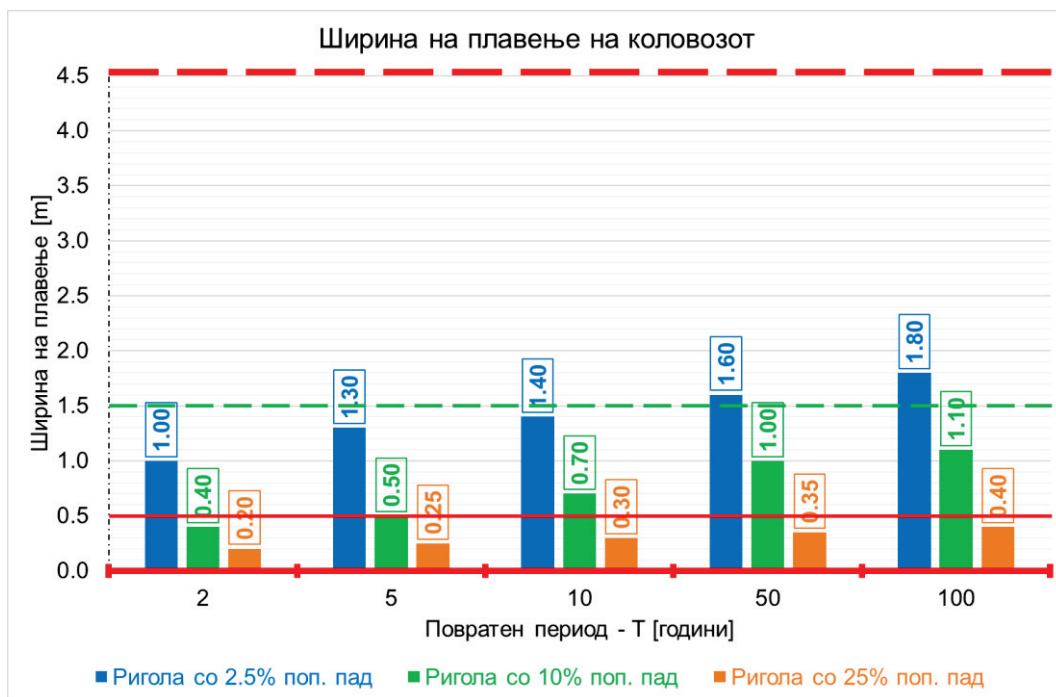


Слика 5. Хидрограм на истекување (a - $t_d < t_c$; b - $t_d > t_c$)

Додека за определување на интензитетот на дождот се користат i-t-p кривите од каде се определува интензитетот на дождот во зависност од неговото времетраење и повратниот период.

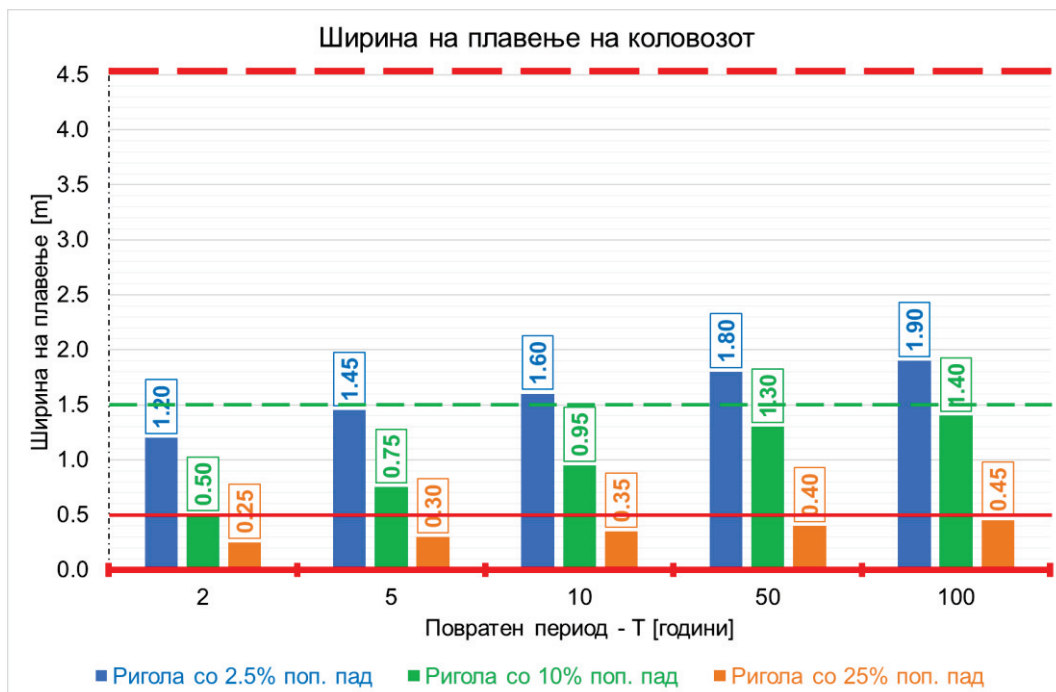
4. РЕЗУЛТАТИ ОД ХИДРАУЛИЧКАТА АНАЛИЗА

Првиот сет на хидрауличка анализа се состои од хидраулички модел на сливници на меѓусебно растојание од 25 m – сливна припадна површина од 250 m² и наклон на риголата еднаков на попречниот наклон на коловозот, попречен наклон од 10% и попречен наклон на риголата од 25%, со меродавен дожд со повратен период од 2, 5, 10, 50 и 100 години и времетраење на дождот од 10 минути. На следната слика се прикажани резултатите од анализата за ширината на плавење на коловозот.

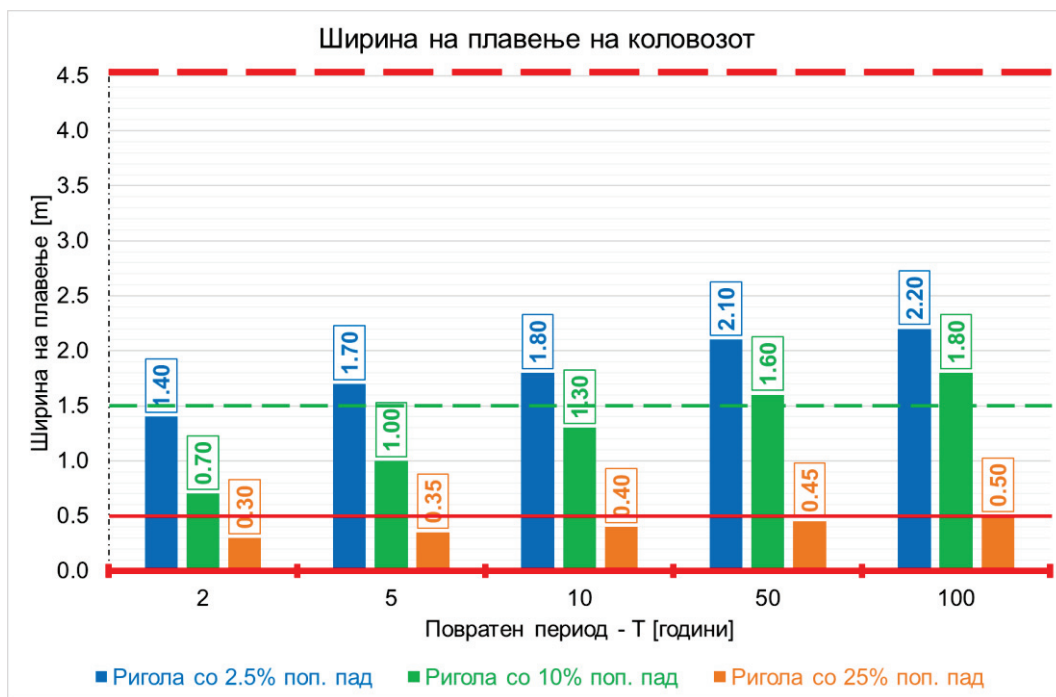


Слика 6: Графикон на излезни резултати од хидрауличката анализа при растојание на сливницито од 25 m.

Ако се знае дека препорачлива максимална ширина на плавење изнесува 1/3 од ширината на коловозната лента (зелена испрекината линија на слика 6) може да се констатира дека предвиденото растојание помеѓу сливниците од 25 m и во сите анализирани варијанти за различни попречни наклони на риголата може да ги прифати атмосферските води со повратен период од максимум 10 години. Со оглед на вака добиените резултати направена е дополнителна анализа сите варијанти со зголемување на растојанието на сливниците на 35m и 50m, резултатите се дадени на слика 6.



Слика 7: Графикон на излезни резултати од хидрауличката анализа при растојание на сливницито од 35 m.



Слика 8: Графикон на излезни резултати од хидрауличката анализа при растојание на сливницито од 50m.

5. ЗАКЛУЧОЦИ

Со направениот хидраулички модел користејќи го софтверскиот пакет EPA SWMM за оптимално димензионирање на системот за прифаќање и одведување на атмосферски води од коловозот, може да се заклучи дека SWMM претставува современа алатка која лесно се прилагодува на секакви можни концепции на вакви системи а истовремено дава практични резултати во однос на максималните капацитети на системот во целина или на одредени негови елементи вклучувајќи ги резултатите за плавења како на коловозот така и на останатите површини кои се предмет на разгледување.

Излезните резултати од анализираните варијанти се меродавни само за приложената геометрија на улицата која има подолжен наклон од 0.3%, попречен наклон од 2.5% и е со ширина од 10m, па според може да се констатира следново:

- Доколку условот за димензионирање е меродавни врнежи со повратен период од 2 години растојанието на сливниците може да биде до 50m без дополнителен попречен наклон на риголата.
- Сливниците на растојание од 35m може да се постават и за максимални меродавни врнежи со повратен период и од 10 години без дополнителен попречен наклон на риголата.
- Од сите анализи може да се заклучи дека доколку би сакале да ја намалиме ширината плавењето на коловозот и меѓусебното растојание помеѓу сливниците потребно е да се зголеми попречениот наклон на риголата.

6. ЛИТЕРАТУРА

- [1] Storm Water Management Model User's Manual, Version 5.0
- [2] Akan, A.O. and R.J. Houghtalen. 2002. Urban Hydrology, Hydraulics, and Water Quality. Upper Saddle River, NJ: Prentice Hall. Forthcoming.
- [2] Colorado State University (CSU). 2009. Hydraulic Efficiency of Grate and Curb Inlets for Urban Storm Drainage. Denver, CO: Urban Drainage and Flood Control District.

- [3] Federal Highway Administration (FHWA). 2009. Urban Drainage Design Manual. Hydraulic Engineering Circular 22. Washington, DC: Federal Highway Administration.
- [4] Guo, J.C.Y. 1999. Storm Water System Design. CE 5803, University of Colorado at Denver
- [5] Guo, J.C.Y. 2000b. Street Storm Water Conveyance Capacity. Journal of Irrigation and Drainage Engineering 136(2)119-124.
- [6] Violeta Gjeshovska, Goce Taseski, Bojan Ilioski, Heavy rainfall in the R.N. Macedonia Scientific Journal of Civil Engineering, Volume 10, Issue 2, December 2021
- [7] V. Gjesovska, G. Tasevski, P. Pelivanoski, K. Donevska and all. (2022), Analysis of intense rainfall in the Republic of North Macedonia, Scientific research project, Faculty of Civil Engineering-Skopje, University Ss. Cyril and Methodius, Skopje