



УНИВЕРЗИТЕТ У НОВОМ САДУ

ФАКУЛТЕТ ТЕХНИЧКИХ НАУКА



**Хидролошко-хидраулички модел за  
процену ризика преливања воде  
преко саобраћајнице у профилима  
путних пропуста на бујичним  
сливовима**

ДОКТОРСКА ДИСЕРТАЦИЈА

Ментори:

Проф. др Славиша Трајковић

Доц. др Слободан Колаковић

Кандидат:

Владимир Мандић

Нови Сад, 2022. године



УНИВЕРЗИТЕТ У НОВОМ САДУ  
ФАКУЛТЕТ ТЕХНИЧКИХ НАУКА

КЉУЧНА ДОКУМЕНТАЦИЈСКА ИНФОРМАЦИЈА<sup>1</sup>

Врста рада:	Докторска дисертација
Име и презиме аутора:	Владимир Мандић
Ментор (титула, име, презиме, звање, институција)	др Славиша Трајковић, редовни професор, Грађевинско архитектонски факултет Универзитета у Нишу др Слободан Колаковић, доцент, Факултет техничких наука Универзитета у Новом Саду
Наслов рада:	Хидролошко-хидраулички модел за процену ризика преливања воде преко саобраћајнице у профилима путних пропуста на бујичним сливовима
Језик публикације (писмо):	Српски (ћирилица)
Физички опис рада:	Унети број: Страница <u>339</u> , Поглавља <u>8</u> , Референци <u>187</u> , Табела <u>19</u> , Слика <u>93</u> , Графикона <u>26</u> , Прилога <u>14</u> .
Научна област:	Грађевинско инжењерство
Ужа научна област (научна дисциплина):	Хидротехника
Кључне речи / предметна одредница:	Хидролошко-хидраулички модел, Ризик, Путни пропусати, Бујични сливови, Вероватноћа појаве преливања
Резиме на језику рада:	Спроведено истраживање решава проблем одређивања ризика од појаве преливања воде преко саобраћајнице у профилу путног пропуста на бујичном сливу применом пробабилистичког модела процене ризика и хидролошко-хидрауличког модела анализирани појаве. Формирање новог хидролошко-хидрауличког модела процене ризика, који укључује више нових приступа моделовању различитих процеса који доводе до анализирани појаве, представља један од доприноса спроведеног истраживања. Новоформиран модел процене ризика је примењен на 67 бетонских пропуста на експерименталној деоници пута Рашка – Нови Пазар у Републици Србији. Применом модела на пропустима експерименталне путне деонице утврђено је да је запушеност путних пропуста каменим наносом основни узрочник високих вредности ризика. У оквиру новог модела процене ризика извршена је анализа утицаја примене радова на санацији и реконструкцији путних пропуста у циљу смањења вредности ризика. Резултати свих спроведених анализа су уобличени у форму техничког извештаја о процени ризика од анализирани појаве, и представљају излаз модела. Добијени резултати су дискотовани у односу на резултате сличних истраживања у свету на основу чега су извучени закључци и дати даљи правци истраживања у изучаваној области.

<sup>1</sup> Аутор докторске дисертације потписао је и приложио следеће Обрасце:

5б – Изјава о ауторству;

5в – Изјава о истоветности штампане и електронске верзије и о личним подацима;

5г – Изјава о коришћењу.

Ове Изјаве се чувају на факултету у штампаном и електронском облику и не користе се са тезом.

Датум прихватања теме од стране надлежног већа:	15.07.2021.год.
Датум одбране: (Попуњава одговарајућа служба)	
Чланови комисије: (титула, име, презиме, звање, институција)	<p>Председник: др Властимир Радоњанин, редовни професор, Факултет техничких наука, Универзитет у Новом Саду</p> <p>Члан: др Милан Стојковић, виши научни сарадник, Институт за водопривреду „Јарослав Черни“, Београд</p> <p>Члан: др Милош Шешлија, доцент, Факултет техничких наука, Универзитет у Новом Саду</p> <p>Члан, ментор: др Славиша Трајковић, редовни професор, Грађевинско архитектонски факултет Универзитета у Нишу</p> <p>Члан, ментор: др Слободан Колаковић, доцент, Факултет техничких наука Универзитета у Новом Саду</p>
Напомена:	

**UNIVERSITY OF NOVI SAD  
FACULTY OF TECHNICAL SCIENCES**

**KEY WORD DOCUMENTATION<sup>2</sup>**

Document type:	Doctoral dissertation
Author:	Vladimir Mandić
Supervisor (title, first name, last name, position, institution)	PhD, Slaviša Trajković, Full professor, Faculty of civil engineering and architecture, University of Niš PhD, Slobodan Kolaković, Assitant professor, Faculty of tecnical sciences, University od Novi Sad
Thesis title:	Hydrological-hydraulic model for risk assessment of road overtopping in the culvert's profiles on torrent basins
Language of text (script):	Serbian language (cyrillic)
Physical description:	Number of: Pages <u>339</u> , Chapters <u>8</u> , References <u>187</u> , Tables <u>19</u> , Illustrations <u>93</u> , Graphs <u>26</u> , Appendices <u>14</u> .
Scientific field:	Civil engineering
Scientific subfield (scientific discipline):	Hydrotehnics
Subject, Key words:	Hydrological-hydraulic model, Risk, Road culverts, Ephemeral streams, Overtopping occurence probability
Abstract in English language:	The conducted research solves the risk calculation problem of water overtopping the road in the culvert cross-section on the ephemeral stream by applying the probabilistic risk assessment model and the hydrological-hydraulic model of the analyzed phenomenon. The new hydrological-hydraulic model of risk assessment, which includes several new process-modeling approaches to the analyzed phenomenon, represents one of the contributions of the research. The new risk assessment model has been applied to the 67 concrete road culverts at the experimental road section of the Raška - Novi Pazar road in the Republic of Serbia. By applying the model to the culverts of the experimental road section, it was determined that the stone sediment filling of road culverts is the main cause of high-risk values. Within the new risk assessment model, an impact analysis of the rehabilitation and reconstruction works application in order to reduce the risk value has been performed. The results of all conducted analyzes are shaped in the technical report form of the risk assessment of the analyzed phenomenon and represent the model output. The obtained results have been discussed concerning the results of similar research in the world, based on which conclusions have been made and further research directions in the studied field have been given.

<sup>2</sup> The author of doctoral dissertation has signed the following Statements:

56 – Statement on the authority,

5B – Statement that the printed and e-version of doctoral dissertation are identical and about personal data,

5r – Statement on copyright licenses.

The paper and e-versions of Statements are held at he faculty and are not included into the printed thesis.

Accepted on Scientific Board on:	15.07.2021.
Defended: (Filled by the faculty service)	
Thesis Defend Board: (title, first name, last name, position, institution)	<p>President: PhD, Vlastimir Radonjanin, Full professor, Faculty of technical sciences, University of Novi Sad</p> <p>Member: PhD, Milan Stojković, Associate Research Fellow, Jaroslav Černi Water Institute, Belgrade</p> <p>Member: PhD, Miloš Šešlija, Assistenat professor, Faculty of technical sciences, University of Novi Sad</p> <p>Member, mentor: PhD, Slaviša Trajković, Full professor, Faculty of civil engineering and architecture, University of Niš</p> <p>Member, mentor: PhD, Slobodan Kolaković, Assitant professor, Faculty of tecnical sciences, University od Novi Sad</p>
Note:	

## **Резиме:**

У оквиру овог истраживања изучаван је проблем одређивања ризика од појаве преливања воде преко саобраћајнице у профилу путног пропуста на бујичним сливовима. Изучавани проблем је најуже повезан са проблемима насталим услед појаве екстремних вредности падавина које доводе до појаве полава. Одређивање ризика од појаве великих вода које угрожавају саобраћајну инфраструктуру представља актуелан научни проблем који се све више изучава услед своје повезаности са безбедношћу саобраћаја и финансијским анализама санације насталих штета услед појаве великих вода.

Циљ спроведеног истраживања је био формирање практично применљивог модела процене ризика појаве преливања воде преко саобраћајнице у профилу путног пропуста на бујичним сливовима. Дефинисаним циљем, истраживање је фокусирано на одређивање ризика услед функционалног отказа путних поропуста на бујичним сливовима, односно на сливовима без сталног тока воде током године.

Изучавана појава преливања воде преко саобраћајнице је описана формирањем хидролошко-хидрауличког модела, базираног на рачунском моделовању свих значајних физичких процеса који доводе до настанка анализиране појаве. Прорачун ризика је извршен на основу пробабилистичког модела процене ризика, према коме се ризик одређује на основу вредности вероватноће појаве и експлоатационог века објекат. Спајањем наведена два модела формиран је хидролошко-хидраулички модел за процену ризика преливања воде преко саобраћајнице у профилу путних пропуста на бујичним сливовима.

Нови модел процене ризика употпуњује изучавану научну област укључивањем више новина, као што су: хидрауличко моделовање протицајног капацитета пропуста запуњеног каменим наносом, моделовање трансформације хидрограма отицаја са узводног слива у привременој акумулацији са узводне стране саобраћајнице, дефинисање регресионе зависности између вредности пика хидрограма отицаја и вероватноће појаве и др.

Класификација ризика је извршена на основу правно-регулаторних података, који се преузимају из законских прописа државе у којој се анализира објект налази. Укључивањем у модел примене радова на санацији и реконструкцији постојећег пропуста, омогућена је анализа утицаја примене различитих мера за смањивање ризика.

Модел процене ризика је примењен на 67 бетонских путних пропуста на експерименталној деоници пута Рашка – Нови Пазар у Републици Србији. Сумарни резултати примене модела показују да 47,74% пропуста на експерименталној деоници пута има вредности ризика од анализирани појаве у прихватљивим границама. Применом радова на санацији пропуста, проценат пропуста са прихватљивом вредношћу ризика би се повећао на 89,55%.

Приказана статистика упућује на закључак да анализирани пропусти на експерименталној деоници пута нису редовно одржавани. Обрадом добијених резултатат формиране су корелационе зависности између нивоа запуњености и протицајног капацитета са којих се уочава да је протицајни капацитет цевастих пропуста под већим утицајем нивоа запуњености у односу на засведене пропусте. Спроведеним експериментом утврђено је да је акумулирани камени седимент основни узрочник високих вредности ризика.

**Кључне речи:** Хидролошко-хидраулички модел, Ризик, Путни пропусти, Бујични сливови, Вероватноћа појаве преливања



## ***Abstract:***

This research focused on the risk assessment problem of road overtopping in the cross-section of the road culvert on ephemeral streams, which is closely related to the flood occurrence problems caused by precipitation. The risk assessment of floodwater occurrence is a contemporary scientific problem with increasing research interest due to its connection with traffic safety and financial analysis of flood damage repairing.

This research aimed to develop a practically applicable risk assessment model of water road overtopping in the cross-section of the road culvert on ephemeral streams. The focus was to determine the risk due to the functional failure of road culverts on ephemeral streams, i.e., on streams without a constant flow of water during the year. The approach was tailored by merging a hydrological-hydraulic model with a probabilistic risk assessment model.

The road overtopping occurrence has been analyzed through a hydrological-hydraulic model created through computational modeling of all significant physical processes that lead to the occurrence of the analyzed phenomenon. The risk assessment was performed based on the probabilistic risk assessment model, according to which the risk is determined based on occurrence probability value and the service life of the facility. By merging these two models, a hydrological-hydraulic risk assessment model of road overtopping occurrence in the cross-section of the road culvert on ephemeral streams was formed.

The new risk assessment model complements the studied scientific field by including several innovations, such as hydraulic modeling of flow capacity of culvert filled with stone sediment; modeling of runoff hydrograph transformation from an upstream basin in temporary accumulation on the upstream side of the road; determination of regression dependence between hydrograph peak and occurrence probability, etc.

The classification of risks was performed based on legal and regulatory data taken from the legislation of the country in which the analyzed facility is located. By implementing potential works on rehabilitation and reconstruction of the existing culverts in this model, the analysis of the impact of the application of various risk reduction measures was enabled.

The risk assessment model was applied to 67 concrete road culverts on the experimental section of the Raška - Novi Pazar road in the Republic of Serbia. The summary results of the model application show that 47.74% of the culverts on the experimental section of the road have acceptable risk values from the analyzed phenomenon. By computing in works on the reparation of culverts, the percentage of culverts with acceptable risk value would increase to 89.55%. The presented statistics conclude that the analyzed culverts on the experimental road section were not regularly maintained. By processing the obtained results, correlations were formed between the filling levels and the flow capacity, from which it can be noticed that the filling levels more influence the flow capacity of pipe culverts in relation to the pipe-arched culverts. The experiment determined that the accumulated stone sediment is the main cause of high-risk values.

**Key words:** Hydrological-hydraulic model, Risk, Road culverts, Ephemeral streams, Overtopping occurrence probability

## Садржај:

1. Увод	1
1.1. Проблем истраживања и потреба за истраживањем	4
1.2. Основна полазишта - хипотезе	14
1.3. Преглед стања у области	14
1.4. Циљеви истраживања	27
1.5. Кратак преглед рада по поглављима	28
2. Материјали	30
2.1. Експериментална деоница пута	32
2.2. Просторни подаци	33
2.2.1. Подаци о топографији (терену)	33
2.2.2. Подаци о врсти површинског слоја земљишта	40
2.2.3. Подаци о намени површина	42
2.2.4. Подаци о анализираним путним пропустима	44
2.3. Подаци о падавинама	49
2.4. Правно-регулаторни подаци	59
3. Методе	62
3.1. Методе за припрему података	65
3.2. Методе хидролошког модела	86
3.3. Методе хидрауличког модела	117
4. Методологија процене ризика	141
4.1. Хидролошко-хидраулички модел	143
4.2. Модел процене ризика	153
4.3. Анализа осетљивости модела	172
4.4. Коришћени софтвери	183
5. Резултати и дискусија	190
6. Закључци	206
7. Литература	211
8. Прилози	224



Латински цитат:

*Scientia potestas est.*

Знање је моћ.

**Посвета:**

Ову дисертацију посвећујем својим синовима, Вукану, Лазару и Стефану, а посебну захвалност дугујем својој супрузи, Ивани, без које не бих успео на овом путу. Својој ужој и широј породици се захваљујем на моралној и свакој другој подршци у току мојих докторских студија.

Такође желим да се захвалим Менторима и свим члановима комисије на помоћи и усмерењима током израде дисертације, као и свим колегама и колегиницама који су ми саветодавно помагали.

Аутор:

Владимир Мандић

## Списак Табела:

Табела 1-1: Методологије процене ризика од поплава за одређене државе ЕУ.....	12
Табела 2-1: Путни пропусти на експерименталној деоници пута .....	47
Табела 2-2: Подаци о карактеристичним интензитетима падавина са ИТП кривих.....	57
Табела 2-3: Подаци о падавинским станицама.....	58
Табела 3-1: Методе хидролошко-хидрауличног модела.....	64
Табела 3-2: Шема усвајања вредности у рачунским чворовима и коефицијенти за одређивање коначног угла нагиба.....	80
Табела 3-3: Прорачун осмотреног јединичног хидрограма .....	91
Табела 3-4: SCS криволинијски хидрограм.....	95
Табела 3-5: SCS калсификација хидролошких група земљишта.....	101
Табела 3-6: Емпиријске једначине за одређивање времена концентрације слива .....	106
Табела 3-7: Табеларни приказ ИТП кривих за локацију слива пропуста бр.1.....	116
Табела 3-8: Фактори који утичу на контролу течења у пропусту.....	119
Табела 3-9: Једначине за одређивање еквивалентне вредности Mapping-овог коефицијента храпавости за попречни пресек тока.....	137
Табела 4-1: Класе нивоа осетљивости.....	174
Табела 4-2: Параметри хидролошко-хидрауличног модела.....	174
Табела 4-3: Вредности параметара модела.....	181
Табела 4-4: Софтвери и софтверски алати коришћени за прорачуне у оквиру целине: Припрема података .....	184
Табела 4-5: Софтвери и софтверски алати коришћени за прорачуне у оквиру целине: Хидролошки модел.....	186
Табела 4-6: Софтвери и софтверски алати коришћени за прорачуне у оквиру целине: Хидраулички модел.....	188

Списак слика:

Слика 1-1: а) Вредности екстремних падавина и б) број затворених путева у савезној држави Јужна Каролина, САД, на дан 05.10.2015. [15].....	7
Слика 1-2: а) Сателитски снимак локације путног пропуста пре екстремног догађаја, б) после екстремног догађаја и ц) уништена саобраћајница у профилу путног пропуста [15].....	8
Слика 1-3: Оштећење саобраћајнице у профилу путног пропуста после појаве преливања воде [15].	8
Слика 1-4: Концептуални приступ процени ризика [18].....	9
Слика 1-5: Модел процене ризика из истраживања van Ginkel и др.[20].....	10
Слика 1-6: Пример процене штете услед 10-годишње велике воде на саобраћајном чвору код града Deggendorf-a [20].....	10
Слика 1-7: Мапирање ризика од поплава за саобраћајну мрежу Еворпе [20].....	11
Слика 1-8: Пример карте ризика од поплава за једну планинску реку.....	13
Слика 1-9: Примери оштећења пута пре а-б) и после отказа пропуста ц) [25].....	16
Слика 1-10: Шематски приказ модела из истраживања Truhlar и др. [37].....	18
Слика 1-11: Приказ резултата из истраживања Truhlar и др. [37].....	19
Слика 1-12: Мапирање вероватноће појаве преливања бујичних водотока са сликама евидентираних оштећења [38].....	20
Слика 1-13: Плочаста пропуст запуњен наносом [45].....	24
Слика 1-14: Резултати анализа из рада [46] за: а) 100-годишњу и б) 10-годишњу велику воду.....	25
Слика 2-1: Експериментална деоница пута Рашка – Нови Пазар [4].....	32
Слика 2-2: Подела техника даљинске детекције према платформи са које се врши мерење.....	35
Слика 2-3: Разлика између дигиталног модела терена (DTM) и дигиталног модела скениране површине (DSM).....	36
Слика 2-4: Принцип формирања ДМТ на основу рефлексије IR таласа.....	37
Слика 2-5: Формирање ДМТ помоћу: а) GRID мреже и б) TIN мреже [62].....	38
Слика 2-6: Интерфејс платформе NASA EarthDATA.....	38
Слика 2-7: ДМТ преузет са пројекта АСТЕР.....	39
Слика 2-8: Упоредни приказ величине зрна тла прем три класификације [63].....	40
Слика 2-9: USDA троугао текстура земљишта [63].....	41
Слика 2-10: HWSD прегледач података о врсти земљишта.....	42
Слика 2-11: Copernicus Land monitoring Service интерфејс [166].....	43
Слика 2-12: а) Ситуација са локацијом пропуста и б) ортофото снимак.....	44
Слика 2-13: Обрађени подаци теренских мерења: подужни пресек и изгледи.....	45
Слика 2-14: Типови пропуста на експерименталној деоници пута: а) цеваста, б) плочаста и в) засведени [4].....	46
Слика 2-15: Шематски приказ принципа рада падавинског радара.....	52
Слика 2-16: Приказ ограничења радског мерења падавина услед јаког ветра.....	53
Слика 2-17: Локације падавинских станица из мреже РХМЗ-а.....	57
Слика 2-18: Шематски приказ могућих критеријума разграничења пропуста.....	59
Слика 3-1: а) Дигитални модел терена и одређивање праваца површинског отицаја применом б) метода доминантног правца и в) метода расподељених праваца.....	66
Слика 3-2: Разлике приликом одређивања положаја површинских токова применом: а) метода расподељених праваца и б) метода доминантних праваца, из рада Li и остали [82].....	67
Слика 3-3: Рачунска матрица 3 x 3 и преузимање висинских кота са ДМТ-а.....	68
Слика 3-4: Обележавање праваца могућих отицаја.....	69
Слика 3-5: Рачунска матрица 3 x 3 са висинским котама.....	69
Слика 3-6: Рачунска матрица падова.....	70
Слика 3-7: Принцип покретног рама.....	71

Слика 3-8: Нумерички и графички приказ одређивања праваца отицаја.....	71
Слика 3-9: Одређивање површинских токова на основу матрице праваца отицаја и матрице акумулације отицаја .....	72
Слика 3-10: Утицај граничне вредности узводне површине слива на одређивање површинских токова на примеру слива реке Дрине [86].....	73
Слика 3-11: Нумерички и графички приказ положаја површинских токова.....	74
Слика 3-12: Упоредни приказ више метода рангирања површинских токова .....	75
Слика 3-13: Рачунска матрица и нумеричка шема методе $D$ infinity.....	79
Слика 3-14: Нумеричка шема за одређивање вектора нагиба.....	79
Слика 3-15: Пример одређивања углова за расподелу отицаја [92] .....	81
Слика 3-16: Поређење резултата одређивања праваца отицаја и акумулације отицаја за методе $D8$ и $Dinf$ [79].....	82
Слика 3-17: Упоредни приказ одређивања сливних површи методама $D8$ и $D\infty$ .....	82
Слика 3-18: Формирање ТИН рачунске мреже на основу растерског ДМТ-а [79].....	84
Слика 3-19: Одређивање привремено акумулине запремине: а) попречни профил пута са пропустом, б) ситуациони пориказ и ц) 3D приказ привремено акумулиране запремине и ДМТ са ТИН мрежом [4] .....	85
Слика 3-20: Шематизација основних процеса приликом одређивања хидрограма отицаја са слива.....	87
Слика 3-21: Хидролошки циклус кружења воде на сливу са хидрограмом отицаја и хијетограмом падавина .....	96
Слика 3-22: Приказ проблема просторне интерполације .....	113
Слика 3-23: Пример резултата просторне интерполације интензитета падавина.....	115
Слика 3-24: Скица карактеристичних величина за прорачун путних пропуста .....	117
Слика 3-25: Први карактеристични случај течења за путни пропуст.....	121
Слика 3-26: Други карактеристични случај течења за путни пропуст.....	123
Слика 3-27: Трећи карактеристични случај течења за путни пропуст.....	125
Слика 3-28: Четврти карактеристични случај течења за путни пропуст.....	127
Слика 3-29: Пример употребе номограма за пропуст са низводном контролом .....	128
Слика 3-30: Пети карактеристични случај течења за путни пропуст.....	129
Слика 3-31: Пример употребе номограма за пропуст са узводном контролом .....	130
Слика 3-32: Шести карактеристични случај течења за путни пропуст .....	131
Слика 3-33: Седми карактеристични случај течења за путни пропуст .....	132
Слика 3-34: Осми карактеристични случај течења за путни пропуст .....	133
Слика 3-35: Крива протицаја путног пропуста .....	134
Слика 3-36: Уношење попречних пресека пропуста за: а) новопроектковано стање и б) експлоатационо стање пропуста [4].....	136
Слика 3-37: Шематски приказ методе трансформације хидрограма отицаја на примету путног пропуста са троугаоним апроксимацијама хидрограма .....	139
Слика 3-38: Упоредни приказ троугаоних апроксимација улазног и излазног хидрограма.....	139
Слика 4-1: Илустрација склопа модела процене ризика .....	142
Слика 4-2: Шематски приказ хидролошко-хидрауличног модела .....	144
Слика 4-3: Алгоритамски приказ хидролошко-хидрауличног модела .....	147
Слика 4-4: Илустративни приказ концепта „Оптерећење и отпорност“ .....	153
Слика 4-5: Приступ „Извор-Пут-Пријемник-Последице“ .....	154
Слика 4-6: Криве ризика [149].....	156
Слика 4-7: Пример матрице ризика [144] .....	157
Слика 4-8: Модел процене ризика .....	162
Слика 4-9: Приказ анализираних стања путног пропуста: а) постојеће (експлоатационо) стање, б) санирано стање и в) реконструисано стање.....	166

Слика 4-10: Образац: Извештај о процени ризика.....	170
Слика 4-11: Индекс осетљивости: апроксимација методом коначних разлика[158] .....	173
Слика 4-12: Геометрија опитног слива са подужним и попречним профилима.....	177
Слика 4-13: Трострумензионални приказ опитног слива .....	178
Слика 4-14: ХТП криве за анализу осетљивости модела.....	178
Слика 4-15: Регресиона зависност Q-P за почетне вредности параметара.....	179
Слика 4-16: Опитни пропуст у карактеристичном случају течења .....	180
Слика 4-17: Резултати примене анализе осетљивости модела процене ризика анализиране појаве .....	181
Слика 4-18: Шематски приказ функционалних зависности у оквиру целине: Припрема података ..	184
Слика 4-19: Шематски приказ функционалних зависности у оквиру целине: Хидролошки модел.....	185
Слика 4-20: Шематски приказ функционалних зависности у оквиру целине: Хидраулички модел .....	187
Слика 5-1: Извештај о процени ризика за путни пропуст бр. 41 на експерименталној деоници пута .....	192
Слика 5-2: Типови бетонских пропуста на експерименталној деоници пута.....	194
Слика 5-3: Нивои ризика за постојеће стање путних пропуста.....	195



## Списак графикана:

Графикон 1-1: Повећање густине путне мреже и укупне дужине путне мреже у периоду од 2007 до 2018, као и планиране циљеве, за одређене државе Европе [2].....	2
Графикон 1-2: Број жртава и број поплава у односу на узрок поплаве[8].....	4
Графикон 1-3: Број жртава у односу на место на коме се жртва налазила у тренутку несреће[8].....	5
Графикон 1-4: а) Мапа изложености саобраћајне инфраструктуре мулти-хазардном ризику, б)-ђ) дијаграми изложености појединачним хазардима [14].....	6
Графикон 2-1: Одређивање интензитета падавина за кишну епизоду.....	55
Графикон 2-2: ИТП криве.....	56
Графикон 3-1: Одређивање осмотреног јединичног хидрограма директног отицаја са слива.....	90
Графикон 3-2: Основне величине SCS бездимензионалног криволинијског и троугаоног хидрограма.....	92
Графикон 3-3: Примена методе Ф-индекса за одређивање интензитета ефективних падавина.....	98
Графикон 3-4: Примена методе пропорционалних губитака за одређивање интензитета ефективних падавина.....	99
Графикон 3-5: Примена Horton-ове методе за одређивање интензитета ефективних падавина.....	100
Графикон 3-6: SCS-CN дијаграм одређивања ефективних падавина [68].....	101
Графикон 3-7: Сумарне линије висине укупних и ефективних падавина према методи SCS-CN.....	103
Графикон 3-8: Хијетограми укупних и ефективних падавина према методи SCS-CN.....	103
Графикон 3-9: Пример зависности пика хидрограма отицаја од времена трајања меродавне кише.....	105
Графикон 3-10: Пример примене итеративног поступка за одређивање времена трајања меродавне кише.....	107
Графикон 3-11: Пример примене методе најмањих квадрата за линеарну регресиону зависност.....	109
Графикон 3-12: а) Хидрограми отицаја са слива услед киша различите вероватноће појаве и б) регресиона зависност вероватноће појаве и пика хидрограма отицаја са слива [4].....	111
Графикон 3-13: Дијаграми за одређивање критичне дубине за цевасте пропусте.....	120
Графикон 5-1: Упоредни приказ вредности ризика за постојеће стање путних пропуста.....	196
Графикон 5-2: Статистике резултата процене ризика за постојеће стање: а) нивои ризика за све пропусте и б) према типу пропуста.....	197
Графикон 5-3: Резултати примене радова на санацији путних пропуста.....	198
Графикон 5-4: Упоредни приказ сумарних статистика процене ризика: а) сценарио $S=1$ , б) само за пропусте са високим ризиком за $S=1$ и ц) сценарио $S=2$ .....	199
Графикон 5-5: Утицај запуњености наносом $Hsf$ на протицајни капацитет $PFI$ путних пропуста: а) свих санираних пропуста, б) цевастих санираних пропуста и ц) засведених санираних пропуста [4].....	201
Графикон 5-6: Ефекти примене радова на реконструкцији седм путних пропуста.....	203
Графикон 5-7: Сумарни приказ коначних резултата примене модела процене ризика за експерименталну деоницу пута.....	204



# Докторска дисертација

---

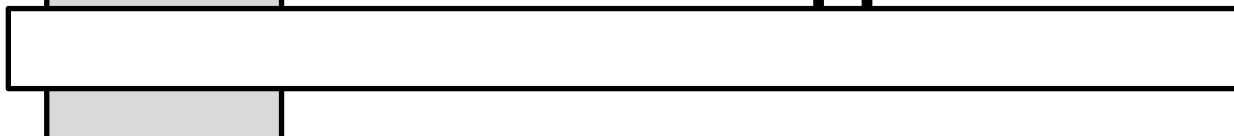




ПОГЛАВЉЕ

**1.**

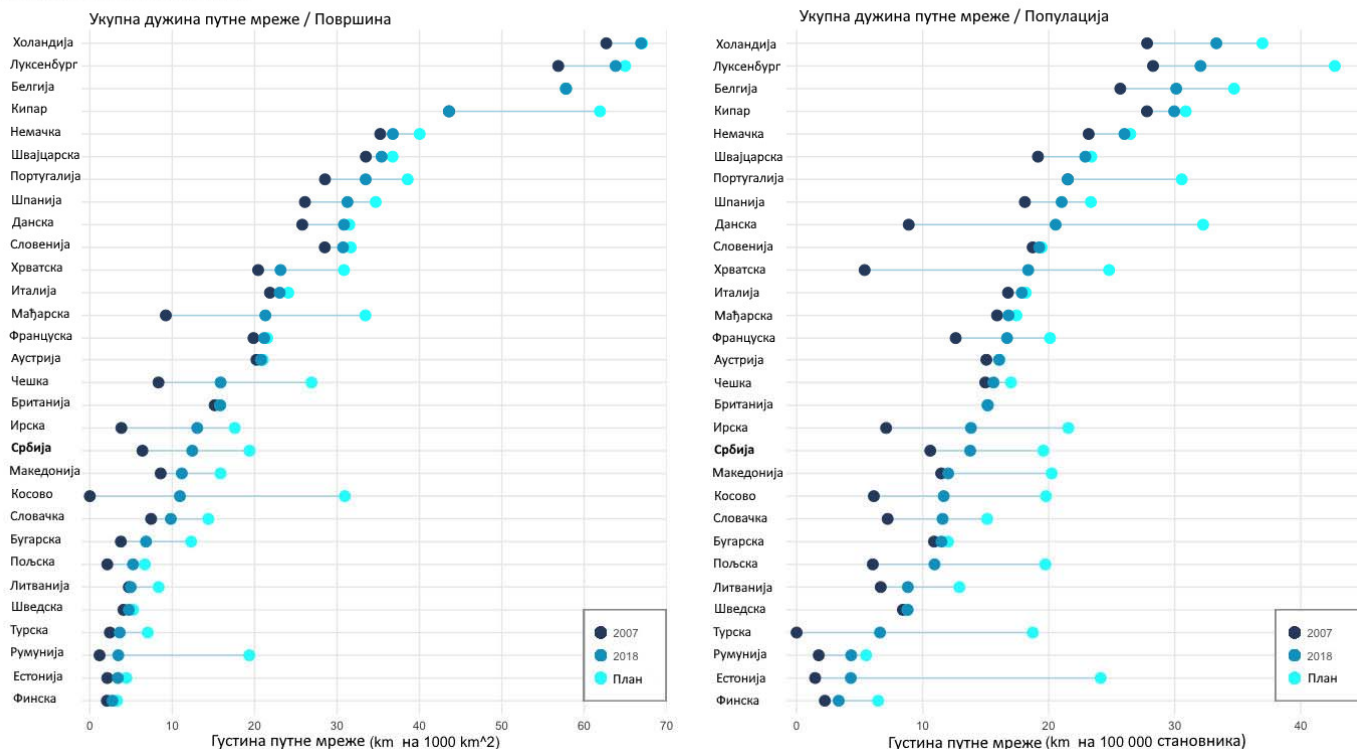
**Увод**



Економски развој одређене државе директно је завистан од развоја саобраћајне инфраструктуре те државе [1]. Повезивањем различитих региона путном инфраструктуром омогућава се убрзана размена роба и услуга што за последицу има економски раст и развој повезаних региона. Поред чињенице да се све већи проценат добара транспортује ваздушним или пловним путевима, копнена саобраћајна мрежа, која обухвата путеве и железнице, и даље представља основу за развој трговинске мреже. Тренд развоја путне мреже наставља се и у 21. веку што потврђују подаци Европске статистичке базе, Графикон 1-1, који приказују повећање густине путне мреже у  $\text{km}$  на  $1000 \text{ km}^2$  површине одређене државе, и повећање укупне дужине путне мреже у  $\text{km}$  на  $100\,000$  становника [2]. Укупна дужина изграђених путева на територији Европе до 2018. године се процењује на  $6,250,547 \text{ km}$  [3].

#### Развој путне мреже Европе: 2007, 2018 и планирани будући развој

Извори: EUROSTAT, ADAC, UN, Wikipedia



Графикон 1-1: Повећање густине путне мреже и укупне дужине путне мреже у периоду од 2007 до 2018, као и планиране циљеве, за одређене државе Европе [2]

И поред свих техничких препорука за уклапање саобраћајнице у топографију терена, приликом изградње путне мреже врши се значајна измена природних процеса на одређеном подручју, који су нарочито изражени у области

површинског отицаја воде. Изградњом путне инфраструктуре долази до укрштања трасе саобраћајнице са површинским токовима, рекама и потоцима, или са коритима бујичних сливова. Свако укрштање природних токова и вештачких објеката представља локацију са повишеним ризиком од појаве неког нежељеног догађаја.

Укрштање трасе пута и површинских токова решава се изградњом инжењерских објеката у које се убрајају мостови и путни пропуссти. За разлику од мостова, који се дефинишу као грађевински објекти у оквиру саобраћајне инфраструктуре који премошћују распоне веће од 5 m, проблем дефинисања путних пропуста је нешто сложенији.

У стручној литератури може се наћи више различитих дефиниција објеката путних пропуста. Све наведене дефиниције се могу поделити у две групе: функционалне и техничке дефиниције. Прва група врши дефинисање путних пропуста према примарној функцији коју обављају, док друга група дефинише путне пропуссте према техничким критеријумима (ширина, висина, положај у путној конструкцији и слично).

Најшире заступљена функционална дефиниција одређује путне пропуссте као инжењерске објекте у оквиру саобраћајне инфраструктуре чија је примарна намена пропуштање површинских вода испод саобраћајнице, али који поред примарне функције могу имати и низ других функција, као што су пролазак људи и возила или безбедан пролазак дивљих животиња и слично [4–7]. Техничке дефиниције путних пропуста биће наведене у оквиру поглавља 2.4 овог рада.

Претходно наведена дужина постојеће путне мреже на примеру Европе повлачи за собом постојање великог броја укрштања путне мреже и природних токова, односно велики број инжењерских објеката који спроводе површинску воду испод саобраћајнице. Као што је наведено, свако укрштање природних токова и трасе пута представља локацију са повишеним ризиком од појаве нежељеног догађаја. Један од најопаснијих нежељених догађаја, са аспекта безбедности саобраћаја, јесте појава преливања површинске воде са узводног слива преко саобраћајнице.

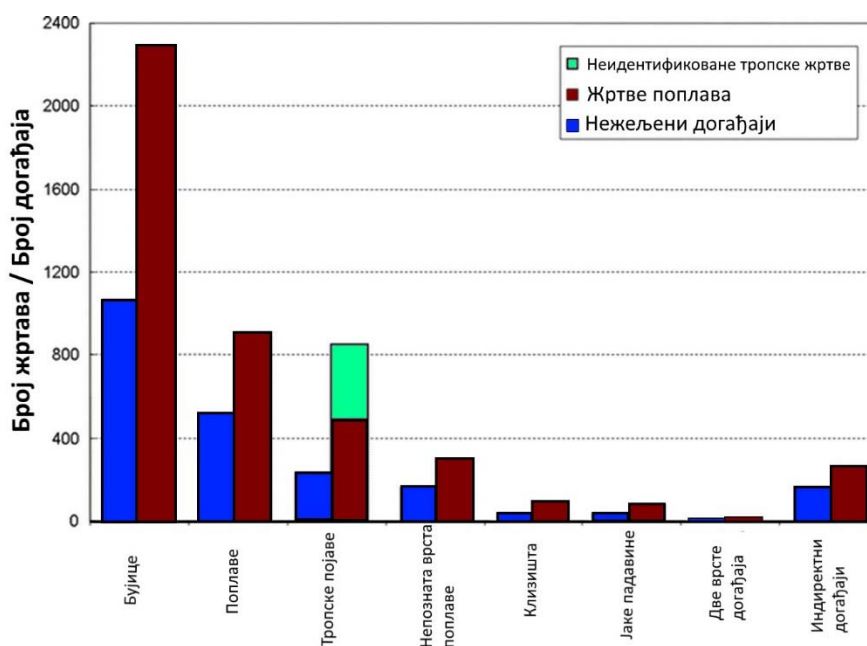
Ризик од појаве преливања је значајно мањи код мостова који се димензионишу према најстрожим стандардима у односу на путне пропуссте. За разлику од мостова и пропуста који се граде преко водотока са сталним током воде, код којих се системским мерењима могу обезбедити подаци за адекватно димензионисање, путни пропуссти на бујичним водотоцима имају значајно већи ризик од појаве преливања воде преко саобраћајнице, што је последица проблема одређивања меродавних података за њихово димензионисање.

Према претходно изнетим подацима, појава преливања воде преко саобраћајнице у профилу путног пропуста на бујичним сливовима представља појаву значајног ризика по безбедност саобраћаја, која захтева методологију за мапирање и укључивање у постојеће планове процене ризика.

## 1.1. Проблем истраживања и потреба за истраживањем

У оквиру овог истраживања изучаван је проблем појаве преливања воде преко саобраћајнице у профилу путног пропуста на бујичним сливовима. Изучавани проблем је најуже повезан са проблемима насталим услед појаве екстремних вредности падавина које доводе до појаве поплава. Иако појава плављења саобраћајних површина може проузроковати велике материјане штете, основна потреба за истраживањем лежи у аспекту који ова појава има на безбедност саобраћаја.

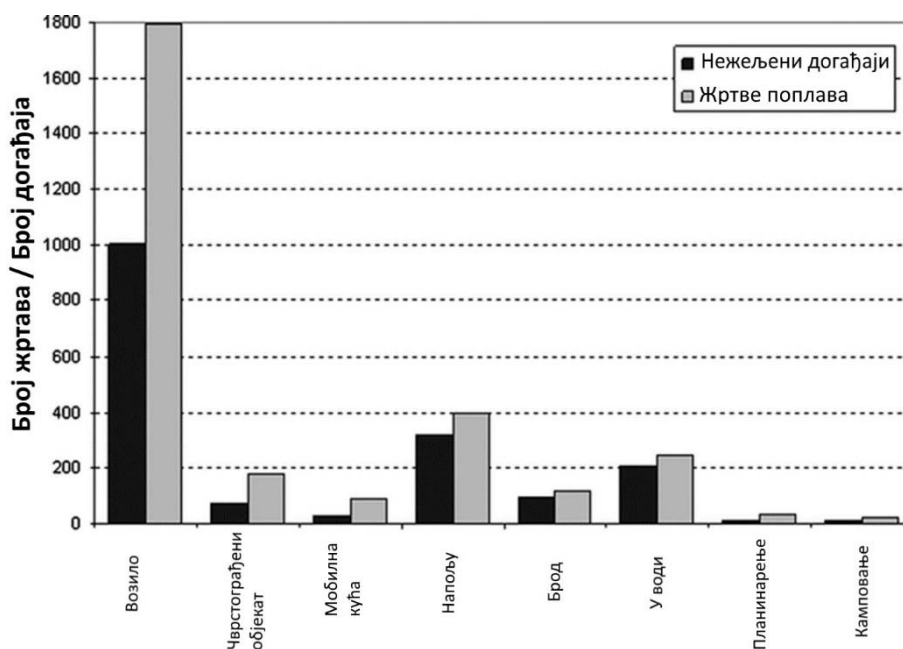
Значај анализирани појаве на безбедност саобраћаја и опасност по људске животе приказује истраживање Ashley и Ashley-а [8] о броју смртних случајева насталих услед поплава, које је спроведено на основу великог броја података на територији Сједињених Америчких Држава. Графикон 1-2 приказује број жртава и број поплава према основним узроцима поплава.



Графикон 1-2: Број жртава и број поплава у односу на узрок поплаве[8]

Графикон 1-2 показује да највећи број смртних случајева настаје услед изненадних бујичних поплава (енг. Flash Flood). Наведени податак приказује ниво опасности од појаве екстремних догађаја на бујичним сливовима, који се дефинишу као сливови релативно мале површине (<math><100 \text{ km}^2</math>) [9], брзог хидролошког одзива, који формирају корита површинских токова без сталног тока воде у току године [10]. Највећа опасност од бујичних поплава се огледа у њиховој изненадној појави, услед брзог хидролошког одзива на екстремне вредности падавина, и снази бујичног тока који носи велику количину наноса са узводног слива, што је последица великих брзина течења [11].

Графикон 1-3, из истог истраживања, показује број жртава у односу на то где се жртва налазила у тренутку несреће. Са графикона се види да се највећи број жртава налазио у возилу (енг. Vehicle) у тренутку несреће, што имплицира да је несрећа настала на путу услед догађаја проузрокованог поплавом.



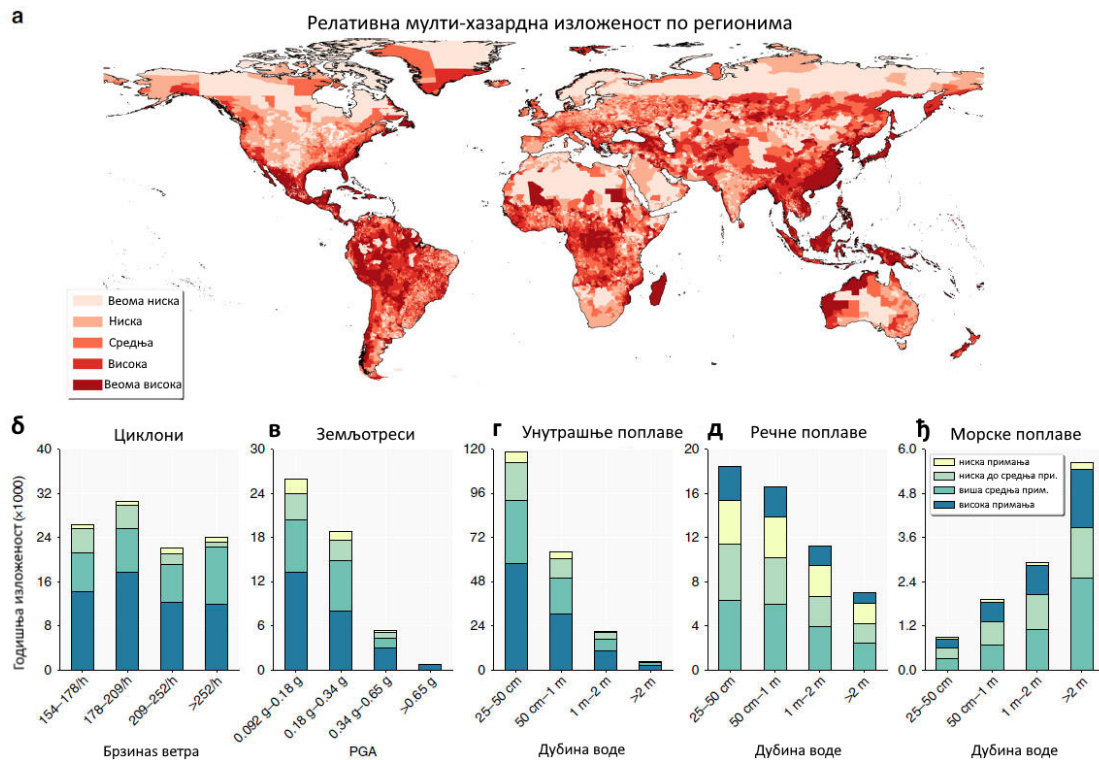
Графикон 1-3: Број жртава у односу на место на коме се жртва налазила у тренутку несреће[8]

Истраживање Наупес и други [12] потврђује претпоставке изведене са дијаграма из истраживања Ashley и Ashley-а [8] директним закључком: „**да се 75,7% смртних случајева проузрокованих поплавама дешава када људи покушавају да прођу саобраћајницом преко које прелива вода**". Резултати истраживања које су на нивоу Европе спровели Jonkman и Kelman [13] потврђују претходно изнети закључак, са статистиком од 48,5% случајева. Наведене статистике приказују значај анализираних појава на безбедност саобраћаја.

У циљу формирања планова заштите људских живота и материјалних добара, као и за потребе финансијског осигуравања, у великом делу света се израђују методологије за процену ризика од природних непогода. Обзиром да су се најнасељенији градови света формирали на обалама великих река, поплаве представљају једну од најзначајнијих природних непогода чије се последице желе предупредити израдом планова одбране од поплава који се базирају на мапама ризика од појаве поплава.

Анализе ризика од поплава на глобалном нивоу приказују поређења ризика за различите делове света и износе глобалне аспекте анализираних проблема. Једно значајно глобално истраживање у коме је извршено одређивање ризика услед појаве више различитих хазарда за саобраћајну мрежу целог света

извршили су Koks и остали [14]. Модел ризика, у оквиру наведеног истраживања, врши процену ризика преклапањем мапа ризика од одређених хазарда са мапама саобраћајне инфраструктуре.

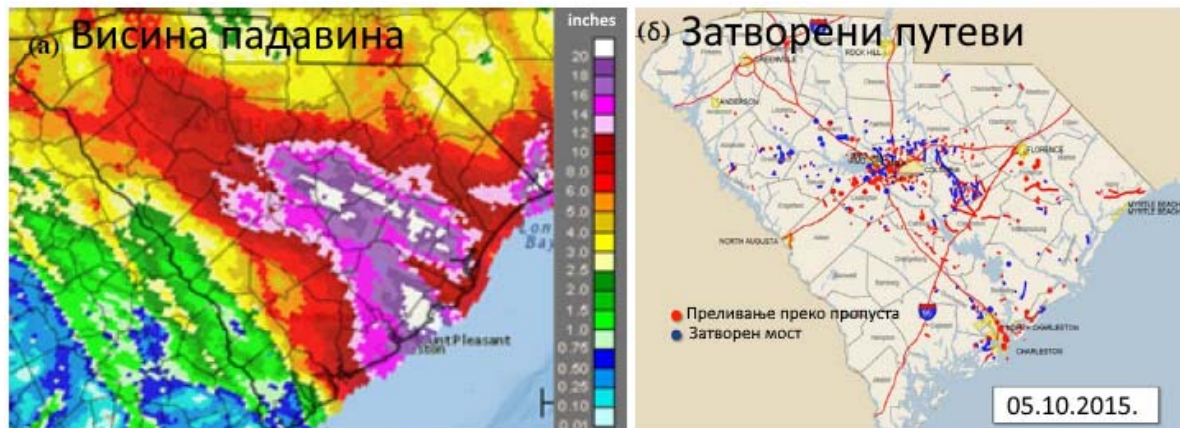


Графикон 1-4: а) Мапа изложености саобраћајне инфраструктуре мулти-хазардном ризику, б)-е) дијаграми изложености појединачним хазардима [14]

Наведено истраживање доноси закључак да је саобраћајна инфраструктура на глобалном нивоу најугроженија од површинских вода и плављења река (дијаграми d) и e) на Графикону 1-4). Иако глобална расположивост података о утицају различитих врста хазарда на саобраћајну инфраструктуру није на завидном нивоу, наведено истраживање даје глобалну препоруку да државе чија је саобраћајна инфраструктура изложена ризику од природних непогода морају повећати квалитет функционисања транспортне мреже систематским укључивањем процене ризика у израду планова, као и применом мера за смањивање ризика за мапиране локације.

Рањивост саобраћајне инфраструктуре савезне државе Јужна Каролина, САД, на појаву екстремних падавина 1000-годишњег повратног периода анализирали су у оквиру свог истраживања Gassman и други [15]. Наведено истраживање се базирало на анализи оштећења саобраћајне инфраструктуре услед екстремних падавина које су се јавиле 05. октобра 2015. године.





Слика 1-1: а) Вредности екстремних падавина и б) број затворених путева у савезној држави Јужна Каролина, САД, на дан 05.10.2015. [15]

Анализирани догађај показује да је путна инфраструктура веома рањива на појаве екстремних вредности падавина, нарочито у профилима путних пропуста. Наведено истраживање показује да су екстремне падавине тог дана изазвале затварање 389 путева у највећем броју случајева због појаве преливања воде преко саобраћајнице, услед чега је у 23% случајева дошло до трајног оштећења коловозне конструкције, највећим делом у профилима путних пропуста. Значај наведеног истраживања се огледа и у документовању последица екстремног догађаја, од којих су два примера приказана на следећим сликама.



Слика 1-2: а) Сателитски снимак локације путног пропуста пре екстремног догађаја, б) после екстремног догађаја и ц) уништена саобраћајница у профилу путног пропуста [15]

Потреба за проценом ризика од поплава за путну инфраструктуру лежи у чињеници да је функционисање путне мреже у току појаве поплава од круцијалног значаја за примену планова евакуације и одбране од великих вода. Једна од претпоставки која се „провлачи“ кроз планове одбране од поплава јесте да ће саобраћајна инфраструктура функционисати или да у случају прекида саобраћаја увек постоји могућност проналажења алтернативног пута. Истраживање које је спорвео Sohn [16] на примеру путне мреже савезне државе Мериленд, САД, говори управо супротно. Сprovedено истраживање показује да у случајевима прекида саобраћаја услед појаве поплава може доћи до

истовременог прекида саобраћаја на више деоница, услед чега се читава саобраћајна мрежа једне државе може наћи у колапсу. Наведено истраживање такође негира и претпоставку проналажења алтернативног пута, јер услед прекида путне мреже вишег реда, на којој су сви објекти димензионисани са већим вредностима коефицијента сигурности, готово сигурно долази и до прекида путне мреже нижег реда.

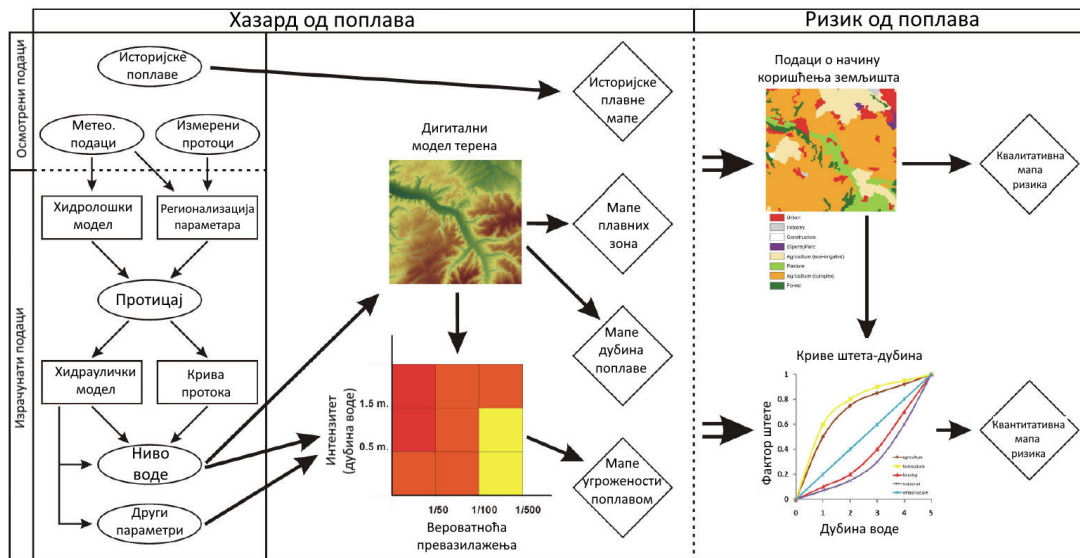


Слика 1-3: Оштећење саобраћајнице у профилу путног пропуста после појаве преливања воде [15]

Значај процене ризика од поплава се огледа у чињеници да су све државе чланице Европске Уније донеле законске оквире за потребе процене ризика од поплава. На нивоу Европске Уније усвојена је Директива о поплавама [17], која дефинише законске оквире кроз три главна циља: израда процене ризика од поплава, израда карата плавних зона (карата ризика од поплава) и израда планова управљања ризицима од поплава, док је свакој од држава чланица омогућено да самостално дефинише методологију остварења постављених циљева. Директива о поплавама [17] врши поделу поплава на две групе:

1. Поплаве настале изливањем површинских водотокова из својих корита, односно поплаве настале услед појаве екстремних вредности спољашњих вода,
2. Поплаве настале као последица екстремних вредности атмосферских падавина и подземних вода које немају где да отекну, односно поплаве настале услед појаве унутрашњих вода.

Истраживање које су спровели de Moel и остали [18] анализира могућности примене Европске Директиве о поплавама [17] у циљу преласка са традиционалних метода одбране од поплава на приступ управљања ризиком од поплава (енг. Flood Risk Management Approach). У циљу наведене анализе аутори предлажу концептуални приступ процене ризика од поплава, који се базира на мапама ризика и функционалним зависностима насталих штета (енг. Stage-Damage Curves). Основни циљ наведеног истраживања је преглед расположивости потребних података за имплементацију Директиве о поплавама.

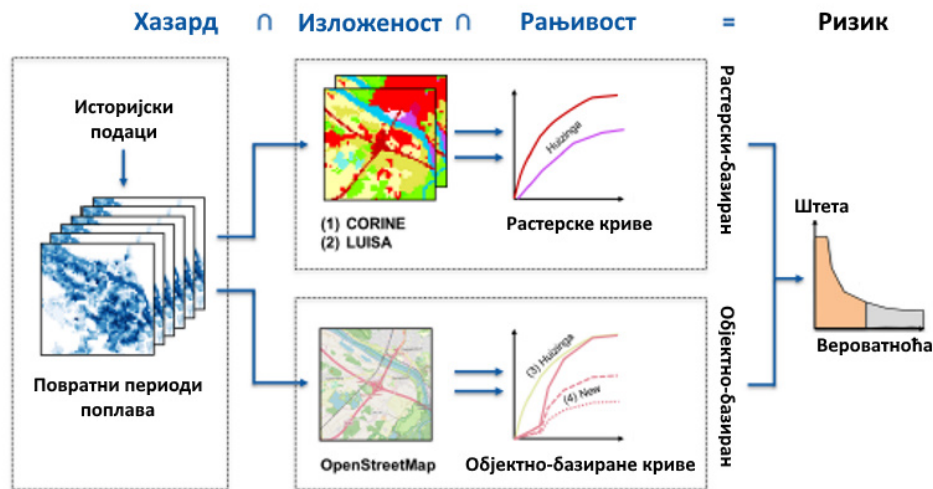


Слика 1-4: Концептуални приступ процени ризика [18]

Значај потребе за мапирањем ризика од поплава истиче најновије истраживање из 2021. године групе аутора, Dottori и остали [19], у оквиру кога је анализирана расположивост и детаљност мапа ризика од поплава за регион Европе и Медитерана.

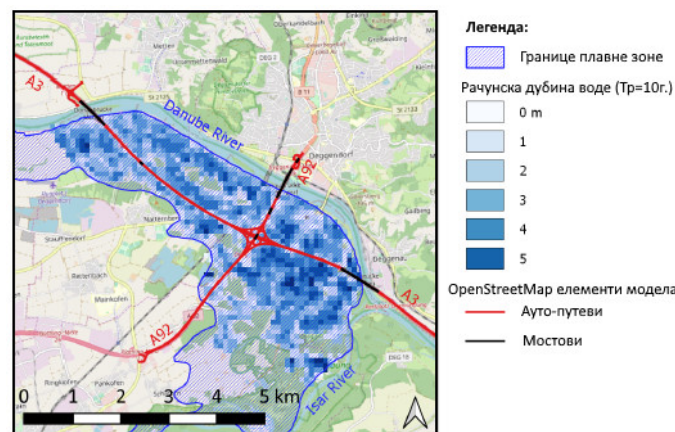
После појаве великих поплава у Европи у претходне две деценије, а нарочито 2000. и у периоду између 2009. и 2014. године, долази до развоја значајног броја модела процене ризика од поплава. Више истраживачких тимова развија моделе процене ризика од поплава, како на нивоу Европске Уније тако и за потребе појединих држава чланица. Иако је у наведеном периоду развијено више модела процене ризика од поплава, који, на основу података о осмотреним поплавама, врше веома добре процене вредности штете за различите врсте површина, нити један од развијених модела се није бавио проценом штета насталих на саобраћајној инфраструктури.

Мапирање ризика и процену штета на саобраћајној инфраструктури Европе услед појаве поплава на великим рекама извршили су у оквиру свог истраживања van Ginkel и остали [20]. У оквиру наведеног истраживања, мапирање ризика је извршено на основу приступа Хазард-Изложеност-Рањивост, који се базира на објектно орјентисаном моделу саобраћајне мреже Европе и мапама плавних зона великих река (сливови > 500 km<sup>2</sup>) за повратне периоде  $T_p = 10 - 500$  год.. Процена штета на саобраћајној инфраструктури услед појаве поплава је процењена на основу новог сета кривих штета-дубина, развијених специјално за путну инфраструктуру.



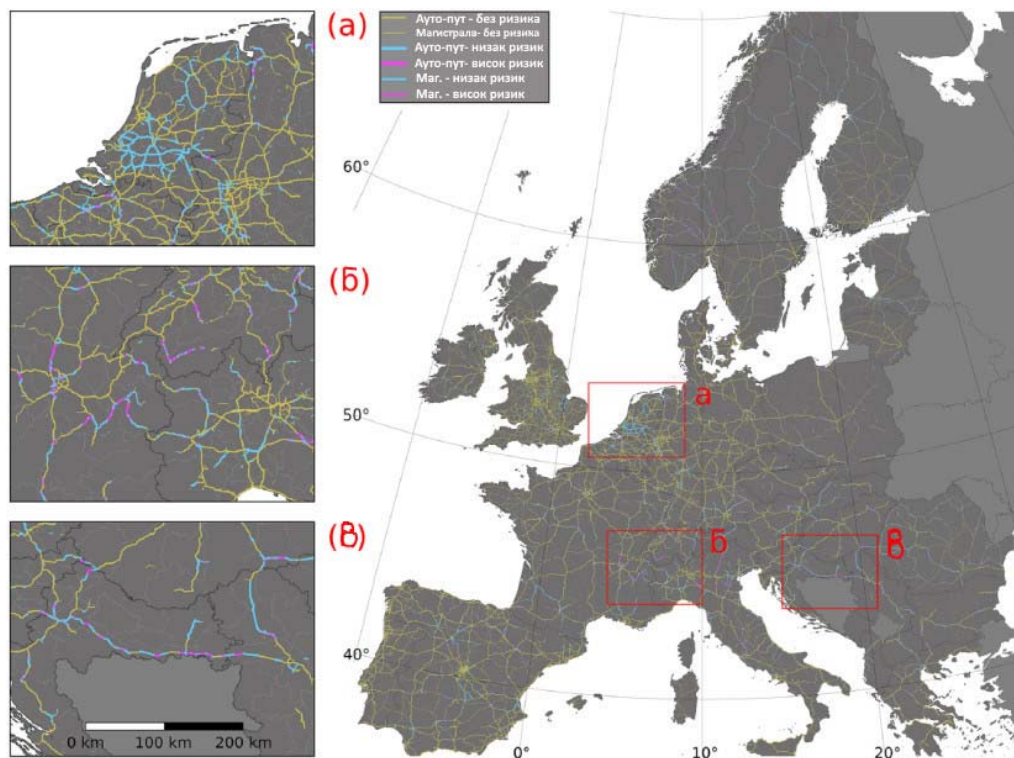
Слика 1-5: Модел процене ризика из истраживања van Ginkel и др.[20]

Наведено истраживање врши процену штете на саобраћајној инфраструктури на основу новог објектно-орјентисаног приступа (енг. Object-based), који саобраћајну инфраструктуру дели на објекте дужине 5m који поседују атрибуте саобраћајнице (број трака, висину насипа, сигнализацију и сл.). Нови приступ значајно прецизније врши процену штете на линијским објектима, у односу на приступ који се базирао на растерској мрежи (енг. Grid-based).



Слика 1-6: Пример процене штете услед 10-годишње велике воде на саобраћајном чвору код града Degendorf-a [20]

Закључци истраживања које су спровели van Ginkel и остали [20] потврђују претпоставку да поплаве великих река представљају највећи извор ризика за саобраћајну мрежу Европе. Визуелизацију изнетих закључака извршили су мапирањем ризика за саобраћајну мрежу Европе.



Слика 1-7: Мапирање ризика од поплава за саобраћајну мрежу Еворпе [20]

Слика 1-7 из рада [20] приказује колико је претходно наведена претпоставка о функционалности саобраћајне инфраструктуре у условима појаве поплава неоснована. У закључцима истраживања [20] аутори износе податак да се на нивоу Европе може очекивати просечна штета на саобраћајној инфраструктури од појаве поплава на великим рекама у висини од 230 милиона € годишње. Наведени податак истиче како значај анализирани појаве, тако и потребу за што детаљнијим евидентирањем и мапирањем локација са високим ризиком, ради анализе и примене адекватних мера за смањивање ризика.

Пратећи наведени тренд и Република Србија је кренула у процес увођења процене ризика од поплава у своје правне оквире. Истраживање које су спровеле Коларов и Бабић Младеновић [9] даје преглед потребних података за израду прелиминарне процене ризика од поплава на територији Републике Србије, као и могуће изворе потребних података. Наведено истраживање врши преглед методологија процене ризика од поплава за више држава чланица Европске Уније, чији су резултати систематизовани у следећој табели.

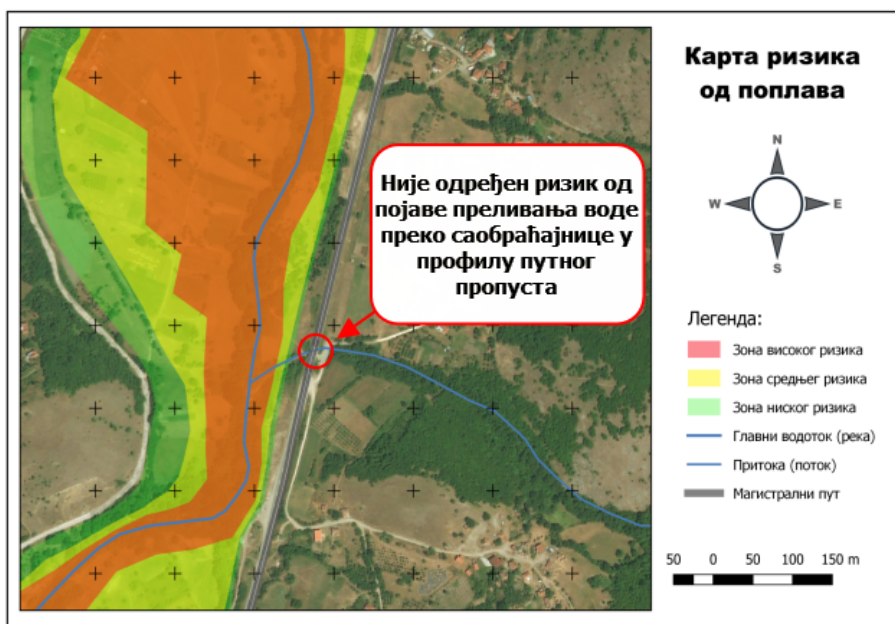
Табела 1-1: Методологије процене ризика од поплава за одређене државе ЕУ

Држава:	Плавне зоне:	Методологија процена ризика:
Аустрија	велике воде повратних периода $T_p = 30, 100$ и $200$ год.	Није дефинисана
Чешка	велике воде повратних периода $T_p = 5, 20$ и $100$ год.	Хазард-Изложеност-Ризик Гранични критеријум ризика: Да ли 100-год. велика вода угрожава $\geq 100$ ст. или 0,001% укупног становништва.
Енглеска	велике воде повратног периода $T_p = 100$ год.	Угроженост x Штета
Ирска	Историјски подаци о поплавама	Процена штета према историјским подацима о плавним зонама
Немачка	велике воде повратног периода $T_p = 100$ год. (свака од 16 држава може формирати своју методологију)	Угроженост x Штета Критеријум значајности: Штета већа од 0,5 мил. €
Словенија	На основу историјских података о плавним зонама	Хазард-Изложеност-Ризик
Финска	велике воде повратног периода $T_p = 1000$ год.	Угроженост x Штета

Преливање воде преко саобраћајнице у профилу путног пропуста представља појаву која има веома велики утицај на безбедност саобраћаја и функционалност путне инфраструктуре, услед чега се јавља потреба за мапирањем ризика од поплава путне инфраструктуре на глобалном, регионалном и локалном нивоу. Из наведених разлога јавља се потреба за јединственим начином мапирања ризика од поплава, како услед поплавних догађаја на великим рекама, тако и услед појаве преливања воде преко саобраћајнице на бијучним сливовима.

Значај функционалности путне инфраструктуре у случајевима појаве екстремних догађаја се најбоље огледа у чињеници да се на основу карата ризика израђују планови заштите од поплава који се директно базирају на претпоставци да је путна инфраструктура, која се налази изван картираних зона ризика, функционална и безбедна. Основни мотив за спроведено истраживање у оквиру ове дисертације, огледа се у чињеници да претходно изнета претпоставка о функционалној и безбедној путној мрежи није увек основана.

Из претходно наведеног разлога, један од основних циљева овог истраживања јесте формирање методологије за процену ризика од појаве преливања воде преко саобраћајнице у профилу путног пропуста на бујичним водотоцима која има могућност имплементација процене ризика у постојеће планове процене ризика од поплава. Значај наведеног проблема може се приказати на примеру мапе ризика од поплава за једну планинску реку, Слика 1-8.



Слика 1-8: Пример карте ризика од поплава за једну планинску реку

Илустративни пример са Сlike 1-8 приказује мапу ризика од поплава поред које пролази саобраћајница која пресеца бујични водоток. За локацију пресека пута и бујичног водотока није извршена процена ризика од појаве преливања воде преко саобраћајнице иако је то локација са потенцијално највећим ризиком, како по безбедност саобраћаја, тако и по стабилност путне конструкције и функционисање саобраћајне мреже.

Развој и одржавање функционалне транспортне инфраструктуре представља императив, како за безбедност саобраћаја, тако и за функционисање економије [21]. Оштећења путне мреже настала услед појаве преливања воде преко саобраћајнице могу успорити или чак тотално онемогућити рад хитних служби, чија ефикасност у екстремним ситуацијама директно зависи од функционалности путне мреже.

Новина коју доноси ово истраживање у претходно приказаној области јесте модел процене ризика од појаве преливања воде преко саобраћајнице у профилу путног пропуста на бујичном сливу који се базира на хидролошко-хидрауличком моделу анализирани појаве, а који се може укључити у постојеће методологије процене ризика од поплава. Примена тако формираног модела може значајно утицати на повећање безбедности саобраћаја нарочито на планинским путним деоницама које пресецају велики број бујичних токова, чиме се може спречити губитак људских живота. За потребе формирања планова одбране од поплава примена наведеног модела има велики значај, јер евидентира локације пропуста са високим ризиком од појаве преливања. На основу модела процене ризика могу се извршити и анализе примене различитих врста радова за смањење ризика од анализирани појаве, што може имати

значајну примену у изради планова редовног и ванредног одржавања путних пропуста на бујичним сливовима.

## 1.2. Основна полазишта - хипотезе

Основна хипотеза овог истраживања гласи:

*Појава преливања воде преко саобраћајнице у профилу путног пропуста на бујичним сливовима може имати значајне вредности ризика, услед чега постоји потреба за њеним одређивањем и мапирањем.*

Прва помоћна хипотеза гласи:

*Ризик од појаве преливања воде преко саобраћајнице у профилу путног пропуста на бујичном сливу је у функционалној зависности са вероватноћом појаве преливања воде преко саобраћајнице.*

Друга помоћна хипотеза гласи:

*Применом хидролошко-хидрауличког модела појаве преливања воде преко саобраћајнице у профилу путног пропуста може се одредити вероватноћа појаве преливања воде преко саобраћајнице.*

Током спроведеног истраживања извршена је оцена основне и помоћних хипотеза чији су резултати приказани у закључцима овог рада.

## 1.3. Преглед стања у области

У стручној литератури може се наћи велики број препорука и стандарда за димензионисање нових објеката путних пропуста [5–7] за различите врсте примарних намена, од пропуштања водотока до обезбеђивања проласка људи, дивљих животиња и различитих врста риба [22]. Развој технологије омогућава аутоматизацију великог дела прорачуна увођењем стандарда за пројектовање пропуста у информационе системе. Истраживање које су спровели GünaI и остали [23] приказује између осталог и пример имплементације хидролошког модела у оквиру Географског информационог система (ГИС) за потребе прорачуна великих вода за димензионисање плочастих путних пропуста.

Изучавани проблем одређивања ризика од преливања воде преко саобраћајнице у профилу путног пропуста се научно позиционира у оквиру области која се бави отказима хидротехничких објеката у оквиру путне инфраструктуре. Околности услед којих долази до отказа, односно до престанка функционисања, хидротехничких објеката у оквиру саобраћајне инфраструктуре, у које се убрајају и путни пропусти, могу се дефинисати на више начина у зависности од аспекта посматрања проблема и од намене резултата анализа.

У оквиру истраживања, које се бавило поређењем резултата више статистичких метода процене ризика од отказа путног пропуста, аутори, Lian и Yen [24], су



између осталог дефинисали једну од најшире прихваћених подела отказа путних пропуста у савременој литератури, која дели отказе према доминантном узроку на две групе:

1. Структурални (конструктивни) откази (енг. Structural failure) – који су последица физичког уништења конструкције објекта, услед чега његова функција престаје.
2. Функционални откази (енг. Performance failure) – који су последица немогућности путног пропуста да пропусти велику воду одређене вероватноће појаве (или повратног периода) испод саобраћајнице.

Појава структуралних отказа путних пропуста се може предупредити редовном инспекцијом и редовним одржавањем путних пропуста. Карактеристично за ову врсту отказа јесте да је она увек последица физичких оштећења материјала, како самог путног пропуста, тако и конструкције пута. Специфичност путних пропуста се огледа у томе што представљају објекте који се налазе у најнижем делу путне конструкције, услед чега су тешко доступни за инспекцију.

Наизлед једноставан проблем планирања радова на одржавању путних пропуста на основу планиране инспекције стања ових објеката се значајно компликује узимањем у обзир чињенице да свака путна деоница на 6 250 547 km [3] путне мреже Европе има велики број путних пропуста који су изграђени у различитим периодима, димензионисани према различитим критеријумима (јер су се технички стандарди временом мењали) и одржавани у различитом нивоу. Овако комплексан проблем захтева примену неке од метода рангирања приоритетности инспекције путних пропуста, према којој би се одредио редослед како инспекције, тако и примене других радова на путним пропустима. Наведена потреба покреће велики број научних истраживања која се баве различитим методама рангирања стања путних пропуста и процене ризика од појаве структуралног отказа.

Значај редовног одржавања путних пропуста истичу у закључку свој истраживања Piratla и остали [25]. Наведено истраживање доноси закључак да структурални откази путних пропуста настају постепено и да се могу предупредити редовном инспекцијом и одржавањем, према дефинисаном плану инспекција и одржавања. Аутори неведени закључак поткрепљују чињеницом да се пре појаве тоталног колапса путног пропуста услед експанзије структуралних оштећења на коловозу и путној конструкцији могу уочити знакови оштећења, Слика 1-9. Закључци истраживања [25] указују да се на основу евиденције наведених површинских оштећења може извршити селекција објеката, путних пропуста, који су приоритетни за инспекцију и санацију.



Слика 1-9: Примери оштећења пута пре а-б) и после отказа пропуста ц) [25]

Услед значаја наведеног проблема, већи број истраживања се бавио проценом ризика од отказа (или прецизније од структуралних отказа) путних пропуста на основу процене више параметара постојећег стања путног пропуста [26–33] или применом вештачке интелигенције [34–36]. Наведене методе процене ризика од структуралне пропасти путног пропуста имају више недостатака.

Први од недостатака се огледа у проблему броја параметара на основу којих се врши процена стања. Проблем броја параметара се базира на два контрадикторна захтева: први је да се постојеће стање путног пропуста што детаљније опише, што захтева повећање броја параметара, док је други формирање практично применљивог инжењерског модела, што захтева укључивање само најзначајнијих параметара. У великом броју истраживања овај проблем се превазилази увођењем „експертске одлуке“, најчешће аутора рада, да је у наведеном случају за процену стања потребан одређени број параметара. Оваквим решењем се у модел уноси значајан ниво субјективности.

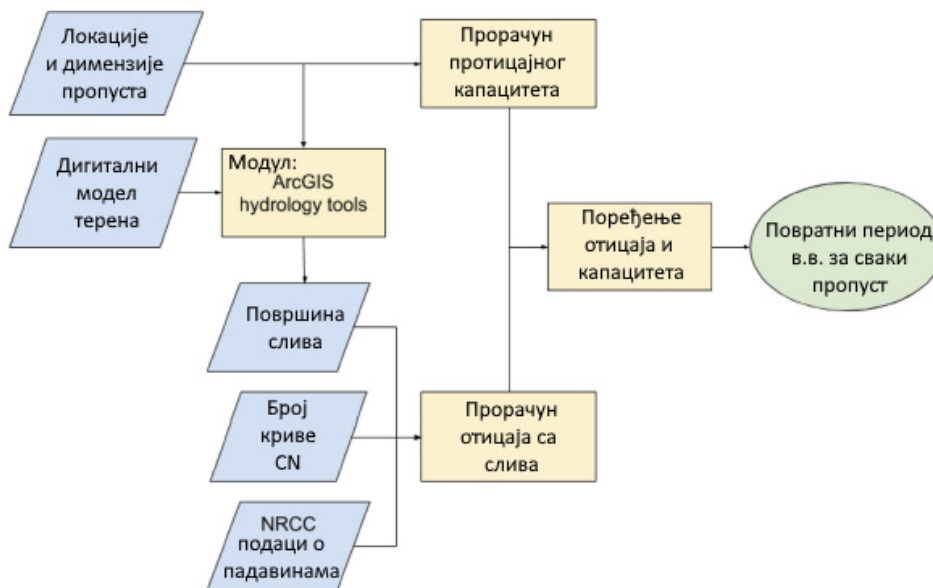
Велики број истраживања се базира на процени стања пропуста на основу визуелног прегледа, како унутрашњости путног пропуста, тако и његових улазних и излазних делова. Наведена процедура врши процену стања појединих параметара путног пропуста према дефинисаним критеријумима и скалама. Други значајан недостатак наведених метода се огледа у чињеници да, и поред постојања веома детаљних каталога оштећења и веома комплексних метода одређивања тежинских коефицијената за сваки тип оштећења, сви прорачуни зависе од субјективне оцене параметара особе која врши инспекцију путног пропуста. Као сумарни закључак може се констатовати да методе процене ризика од отказа путних пропуста, које се базирају на процени стања више параметара пропуста, почивају на субјективно одређеним подацима и субјективно одређеним параметрима.

Анализе последица осмотрених екстремних догађаја показују да значајно већи број отказа путних пропуста настаје као последица функционалног, а не структуралног отказа [15]. За разлику од структуралних отказа, који остављају траг у виду физичких оштећења, функционални откази путних пропуста могу, али

не морају, довести до појаве физичких оштећења, што доминантно зависи од висине преливног млаза. Иако нека истраживања тврде да висина преливног млаза до 50 cm не мора довести до појаве значајних материјалних оштећења саобраћајнице [20], наведена висина млаза представља озбиљну претњу по безбедност саобраћаја, а тиме и по животе људи. Из наведеног разлога, функционални откази су значајно опаснији по безбедност саобраћаја, јер за разлику од структуралних, након чије појаве долази до обустављања саобраћаја, функционални откази се могу понављати више пута у току експлоатационог века. Значај потребе за рачунским евидентирањем ризика од функционалног отказа произилази из чињенице да се функционални откази путних пропуста веома тешко евидентирају у случајевима када не долази до појаве значајне материјалне штете, а да истовремено представљају опасност по безбедност саобраћаја. Истраживање у оквиру ове дисертације је фокусирано на формирање модела процене ризика од функционалног отказа путног пропуста на бујичном сливу, који се базира на хидролошко-хидрауличком моделу анализираних појава. У наредним пасусима овог поглавља биће приказан преглед стручне литературе у коме су селектована истраживања која анализирају проблем преливања воде преко саобраћајнице, као и истраживања која се базирају на истим претпоставкама и принципима анализе целог проблема или његових делова.

Истраживање из 2020. године које су спровели Truhlar и др. [37] анализира повратни период велике воде коју путни пропуст може да пропусти пре појаве преливања воде преко саобраћајнице у профилу путног пропуста. Наведено истраживање је базирано на концептуалном приступу моделовања свих процеса анализираних појава, који су обједињени у јединствен хидролошко-хидраулички модел. Слика 1-10 даје шематски приказ хидролошко-хидрауличког модела који као излазну вредност модела одређује повратни период максималне велике воде коју путни пропуст може да пропусти.

У овом истраживању хидраулички модел одређује протицајни капацитет путног пропуста (енг. Calculate capacity) на основу методе HY-8, док хидраулички модел одређује хидрограме отицаја са слива (енг. Calculate runoffs) на основу SCS-CN методе синтетичког јединичног хидрограма за падавине трајања 24 часа различитих вероватноћа појаве. Поређењем резултата хидролошког и хидрауличког модела (енг. Compare capacity to runoffs) приказани модел врши одређивање повратног периода велике воде коју путни пропуст може да пропусти пре појаве преливања воде преко саобраћајнице у профилу путног пропуста.

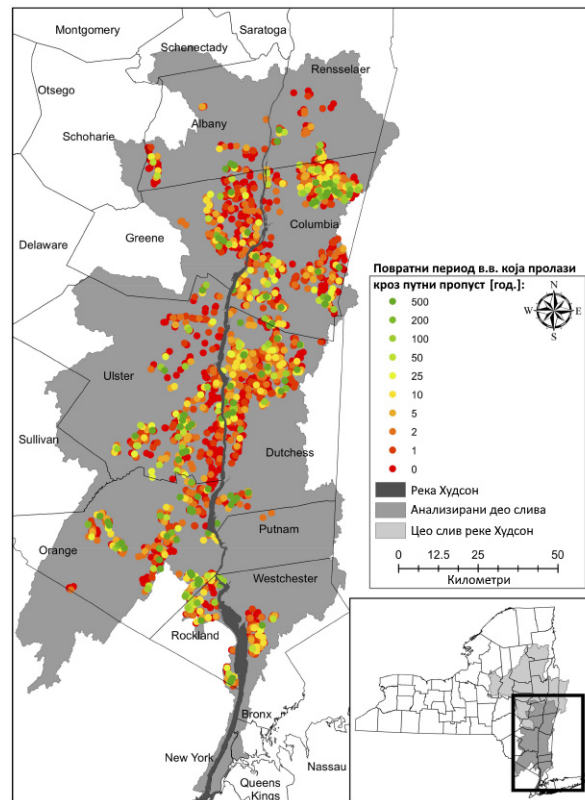


Слика 1-10: Шематски приказ модела из истраживања Truhlar и др. [37]

Поред приказаног хидролошко-хидрауличког модела, наведено истраживање уводи још неколико новина у приступ анализираном проблему. Као прво, у оквиру хидрауличког модела за одређивање максималног протицајног капацитета пропуста усвојен је најкритичнији случај течења са нивоом горње воде на коти завршног слоја коловозне конструкције. Као друго, у оквиру хидролошког дела модела извршено је одређивање повратног периода на основу поређења протицајног капацитета путног пропуста и максималне вредности хидрограма отицаја са слива, која је директна последица рачунских падавина одређеног повратног периода, односно одређене вероватноће појаве.

Приказано истраживање представља базу истраживања које је приказано у оквиру ове докторске дисертације. Иако је суштински добро конципирано, истраживање које су извршили Truhlar и др. [37] поседује више недостатака. Један од основних је чињеница да коначни резултати примене хидролошко-хидрауличког модела нису доведени до нивоа на коме би имали практичну примену.

Као што је приказано на Слици 1-11, вредности повратних периода великих вода које путни пропуст може да пропусти пре појаве преливања воде преко саобраћајнице у профилу путног пропуста немају практичну примену без дефинисања неке граничне вредности у односу на коју би се извршило разграничење између пропуста који задовољавају или не задовољавају дефинисани критеријум. Поред тога, хидраулички модел не узима у обзир трансформацију хидрограма отицаја са узводног слива у ретензији са узводне стране саобраћајнице, услед чега се доводи у питање зависност између пика хидрограма отицаја и максималног капацитета путног пропуста.



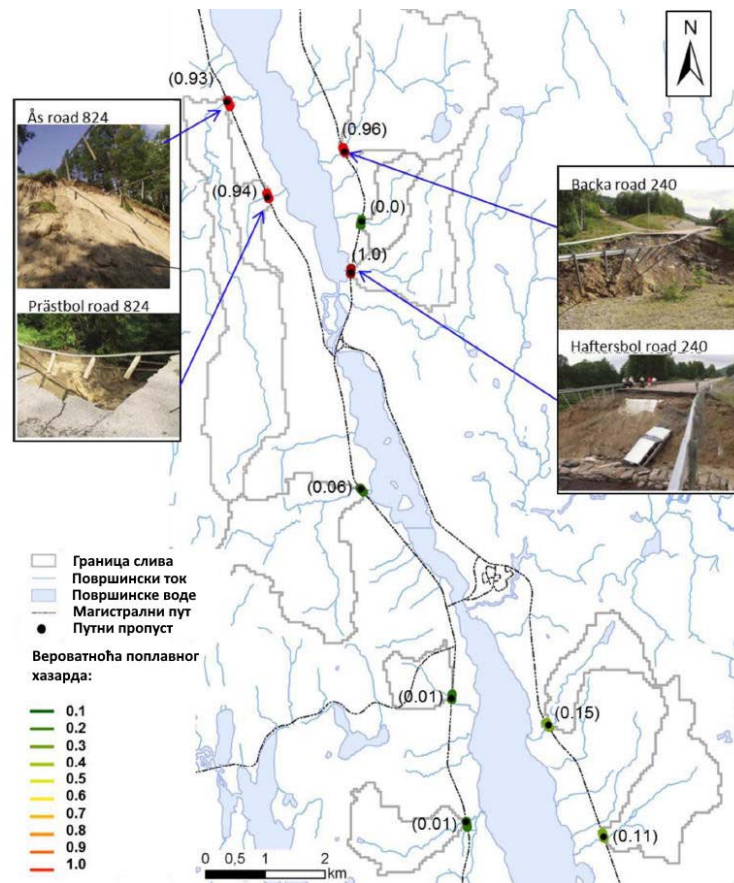
Слика 1-11: Приказ резултата из истраживања Truhlar и др. [37]

Наведени хидраулички модел не узима у обзир могућност да је протицајни профил путног пропуста смањен услед година експлоатације и акумулираног каменог наноса у њему, већ врши прорачун са претпоставком да су сви анализирани пропусни у новоизграђеном стању. Са друге стране, узимање рачунских киша трајања 24 часа није оправдано за сликове релативно малих површина (како је наведено у раду: медијана површине сливова износи  $0,9 \text{ km}^2$ ), јер сливови мање површине имају значајно мању вредност времена концентрације слива услед чега хидролошки модел одређује мање вредности пикова хидрограма отицаја са слива. Као највећи недостатак наведеног истраживања могу се навести чињенице да није извршено дефинисање регресионе зависности између повратног периода велике воде и вредности протицаја, као и да није примењен ниједан модел процене ризика, што би у многоструко повећало практичну применљивост добијених резултата.

Одређивање вероватноће појаве преливања бујичног водотока преко саобраћајнице извршено је применом регресионог модела у оквиру истраживања које су спровели Kalantari и остали [38]. Циљ наведеног истраживања је био формирање статистичке методе која одређује вероватноћу појаве преливања на основу физичких параметара узводног слива. Још један

значајан аспект наведеног истраживања се огледа у идентификацији путних пропуста на бујичним сливовима као потенцијално најризичнијих локација на планинским деоницама пута.

Регресиони модел из наведеног истраживања одређује вероватноћу појаве преливања за локације путних пропуста, које су одређене као тачке пресека саобраћајнице и праваца отицаја површинских токова, на основу 20 физичких параметара узводног слива. Верификација формираног модела извршена је мапирањем вероватноће појаве преливања за све локације путних пропуста на експерименталној деоници пута и поређењем са локацијама на којима су евидентирана оштећења саобраћајнице.



Слика 1-12: Мапирање вероватноће појаве преливања бујичних водотока са сликама евидентираних оштећења [38]

Наведена метода, иако даје задовољавајуће резултате на експерименталној деоници пута, има неколико недостатака. Као прво, наведена метода не анализира све процесе који доводе до појаве преливања преко саобраћајнице, већ се искључиво фокусира на параметре узводног слива који директно утичу једино на хидролошки аспект формирања хидрограма отицаја на бујичном сливу. Као друго, наведена метода не анализира протицајни капацитет путног пропуста нити могућност да је путни пропуст неадекватно димензионисан или, услед експлоатације, запуњен каменим наносом. Приказана метода се ослања на

одређивање великог броја коефицијената у регресионој једначини без дефинисања региона на коме је тако одређена једначина применљива. Приказано истраживање Kalantari-а и осталих [38] је, и поред наведених недостастатака примењене методе, веома значајно јер идентификује локације путних пропуста на бујичним сливовима као места са високим ризиком по безбедност саобраћаја која је потребно мапирати, што је уједно и основна идеја истраживања приказаног у оквиру ове дисертације.

Детаљну процедуру моделовања ефеката екстремних падавина повратног периода 100 и 500 година, на примеру површине на којој се налази Национална лабораторија Аргон у Илиноису, САД, приказали су у оквиру извештаја о спроведеном истраживању Soong и остали [39] за потребе Геолошко топографског института САД-а (енг. United States Geological Survey). Наведени извештај приказује детаљне смернице хидролошког и хидрауличког моделовања отицаја како са природних тако и са урбаних сливова, а све у циљу одређивања плавних зона.

Хидролошки модел, формиран у програму HSPF, веома детаљно моделује, посебно природне, а посебно урбане сливове, док просторни хидраулички модел течења у отвореним токовима, формирану Нес-RAS-у, узима у обзир трансформацију хидрограма отицаја, како дуж тока, тако и у ретензијама. Мађу најзначајнијим закључцима наведеног истраживања наводе се резултати анализе према којој би чишћење акумулираног наноса у анализираним путним пропустима омогућило пропуштање 100-годишње велике воде и значајно смањило површине плавних зона. Посебан значај наведеног истраживања се огледа у чињеници да је у оквиру хидрауличког модела течења кроз путне пропусте у прорачун укључена и запуњеност путних пропуста седиментним наносом.

Једно од значајних питања у стручној литератури, око кога још увек нема јасног консензуса, јесте проблем акумулираног седиментног наноса на улазу и у телу путног пропуста и питање да ли у хидраулички прорачун максималног протицајног капацитета путног пропуста треба укључити постојање акумулираног наноса. Наведени проблем се своди на питање: „Да ли путни пропуст приликом максималних протицаја има могућност „самочишћења“, односно покретања акумулираног наноса?“

Наведени проблем је последица великог броја различитих фактора, од облика и нагиба путног пропуста, па до геотехничких карактеристика седимента и механизма његовог транспорта, и може представљати тему за посебно истраживање. За потребе свеобухватног моделовања анализираних појава у оквиру овог истраживања извршен је преглед стручне литературе која се бави проблемом „самочишћења“ путних пропуста од акумулираног наноса.

У оквиру истраживања које су спрвели Вriseño-Вriseño и остали [40] на 6 путних пропуста, који се налазе на планинској деоници пута на Еквадорским Андима, закључено је да услед акумулираног седиментног наноса 50% анализираних пропуста не може пропустити меродавну, 25-годишњу, велику воду, а уједно закључују да сви анализирани пропуси имају способност „самочишћења“ седиментног наноса. За разумевање наведених контрадикторних закључака мора се појаснити методологија рада у наведеном истраживању.

Наиме, коришћени хидролошко-хидраулички модел се базира на методама SCS-CN и HY-8 за хидролошки и хидраулички модел, респективно. За модел транспорта наноса коришћен је модел који се базира на одређивању тангенцијалних напона који доводе до покретања вученог наноса. Наведени модел транспорта наноса директно зависи од брзине течења воде, а обзиром да се ради о малим планинским сливовима и о пропустима са релативно великим нагибима (5,4 – 14%), очекивано је да вредности тангенцијалних сила буду релативно велике.

Проблем контрадикторности закључака се огледа у питању: „Ако сви анализирани пропуси имају могућност „самочишћења“ наноса, како су одређени пропуси, који су иначе великих димензија (3 x 1,8m) и налазе се на малим планинским сливовима (0,1 - 3,4 km<sup>2</sup>), запуњени наносом и до 67%?“ Одговор на ово питање лежи у чињеници да је за вредност меродавног зрна акумулираног седимента  $D_{40}$  узета вредност у опсегу 0,003 – 0,012 m. Чињеница да су анализирани пропуси били у великом проценту запуњени акумулираним наносом говори о томе да је вредност меродавног зрна седимента, које се продукује на узводном сливу, значајно већа, услед чега анализирани пропуси имају значајно мању или уопште немају могућност „самочишћења“ акумулираног седимента.

Проблем „самочишћења“ акумулираног песка из тела пропуста анализиран је помоћу лабораторијског испитивања у оквиру истраживања које су спровели Катака и остали [41]. Лабораториски модел је формиран на основу Фрудове сличности за различите димензије плочастог и цевастог пропуста. Под претпоставком да је пропуст тотално запуњен песком, за различите вредности запремине ретензије са узводне стране, одређивано је време почетка „самочишћења“ путног пропуста услед мероданих падавина повратног периода 50 година. За ниво горње воде који је 1,2 пута већи од висина пропуста, времена почетка самочишћења варирају од 15 s до 8 min 39 s.

И резултати наведеног истраживања се морају узети са одређеном резервом, јер, слично као и код физичких модела бетона, ефекат величине зрна песка у лабораторијском моделу има веома битну улогу, а управо тај фактор није могуће реално скалирати, односно постићи Фрудову сличност. Са друге стране, циљ овог истраживања је био усмерен ка „самочишћењу“ путних пропуста запуњених морским песком. Поред свега, наведено истраживање је значајно због чињенице



да укључује модел трансформације хидрограма отицаја са узводног слива у ретензију, или привремену акумулацију, са узводне стране путног пропуста. Утицај транспорта и акумулације наноса на ефикасност путних пропуста на бујичним сливовима анализирана је у оквиру истраживања које су спровели Conesa-García и García-Lorenzo [42]. Наведено истраживање се базира на хидролошком моделу, који на основу трагова великих вода на сливу одређује вредности протицаја помоћу Нес-RAS модела, као и на хидрауличком моделу који смањивањем површине протицајног профила укључује запуњеност наноса у оквиру методе НУ-8 за прорачун протицајног капацитета путног пропуста. Иако бујични сливови имају јако велику ерозивну моћ, аутори наведеног рада истичу значај акумулираног наноса на улазу и у телу пропуста на појаву преливања воде преко саобраћајнице, што је у сагласности са закључцима истраживања Barthelmess и Rigby-a [43].

Један од веома значајних закључака истраживања које су спровели Conesa-García и García-Lorenzo [42] јесте да се камени седимент акумулира и у путним пропустима са подужним падом  $> 1\%$ . Иако је наведени закључак овог рада у супротности са закључцима истраживања које су спровели Tumeo и Pavlick [44], аутори Conesa-García и García-Lorenzo [42] истичу да на бујичним сливовима веома ретко долази до појаве „самочишћења“ путних пропуста и да запуњеност путних пропуста на бујичним сливовима представља једну од највећих опасности по безбедност саобраћаја.

Претходно приказани преглед литературе упућује на закључак да се значај акумулираног каменог наноса не може занемарити нити елиминисати претпоставком појаве „самочишћења“ пропуста од наноса, услед чега се запуњеност пропуста мора укључити у хидраулички модел прорачуна пропусне моћи путног пропуста на бујичном сливу.

Укључивање запуњености путног пропуста у оквиру хидрауличког прорачуна и евиденција да одређени путни пропуст услед запуњености каменим наносом нема задовољавајући протицајни капацитет за пропуштање меродавне велике воде испод саобраћајнице, доводи до потребе за анализом примене одређених радова на повећању протицајног капацитета путног пропуста. Анализа утицаја примене различитих врста грађевинских радова на повећање протицајног капацитета плочастог путног пропуста на бујичном водотоку у циљу омогућавања пропуштања 100-годишње велике воде извршена је у оквиру истраживања које су спровели Pelivanovski и Ivanovski [45]. Специфичност анализираних плочастог пропуста се огледа у чињеници да је протицајни профил пропуста био запуњен 47,5% акумулираним наносом услед чега је дошло до функционалног отказа путног пропуста, што је резултовало учесталим појавама преливања воде преко саобраћајнице.



Слика 1-13: Плочасти пропуст запуњен наносом [45]

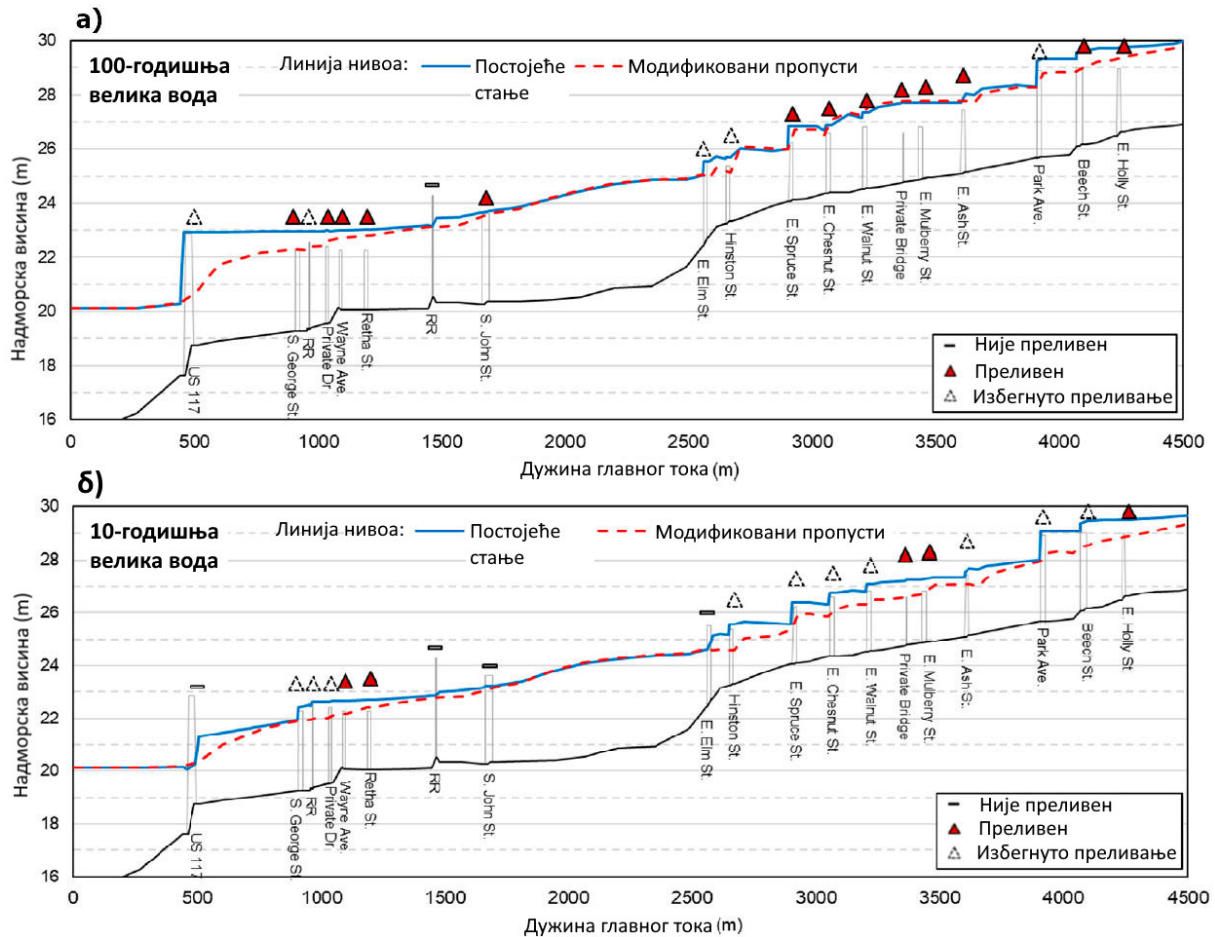
За дефинисану вредност пика 100-годишње велике воде, у оквиру наведеног истраживања, помоћу хидрауличког модела формираног у Нес-RAS-у анализиран је протицајни капацитет пропуста за четири карактеристична случаја: тренутно (експлоатационо) стање пропуста запуњеног наносом, санирано стање пропуста, под којим се подразумева уклањање акумулираног наноса, регулација бујичног тока пре и после пропуста и реконструисано стање, са изградњом још једног плочастог пропуста поред постојећег.

Сprovedено истраживање закључује да једино реконструисано стање, под којим се подразумева изградња још једног плочастог пропуста, може обезбедити пропуштање вредности пика 100-годишње велике воде испод саобраћајнице. Иако у оквиру наведеног истраживања није извршена хидролошка анализа отицаја са бујичног слива, као ни анализа ефекта трансформације пика хидрограма у привременој акумулацији са уводне стране саобраћајнице, наведено истраживање је значајно јер приказује утицај примене радова на санацији и реконструкцији пропуста на повећање протицајног капацитета путног пропуста.

У оквиру истраживања спроведеног од стране Doll и др. [46] анализирани су могућности смањена ризика од појаве преливања воде преко саобраћајнице, на 19 локација укрштања бујичног тока са путном инфраструктуром, применом радова на реконструкцији пропуста и уређењу корита бујичног тока. Аутори наведеног истраживања наводе проблем озбиљног угрожавања безбедности саобраћаја као и немогућност функционисања хитних служби и служби за спасавање услед појаве преливања воде преко саобраћајнице на анализираним водотоку, као главну мотивацију за своје истраживање.

Специфичност наведеног истраживања се огледа у анализи вероватноће појаве преливања воде преко саобраћајнице на више локација дуж истог бујичног водотока, који пролази кроз урбано подручје, услед чега је моделовање

анализиране појаве засновано доминантно на просторном Нес-RAS хидрауличком моделу. Анализа више пропуста на истом водотоку омогућава приказ резултата за све пропусте на подужном профилу водотока.



Слика 1-14: Резултати анализа из рада [46] за: а) 100-годишњу и б) 10-годишњу велику воду

Иако се наведено истраживање базира искључиво на хидрауличком моделу, који не узима у обзир трансформацију хидрограма отицаја услед прорачуна за стационарно течење, резултати приказани на Слици 1-14 упућују на закључак да се применом радова на реконструкцији путних пропуста, у циљу повећавања протицајног капацитета пропуста, може се спречити појава преливања 100-годишње велике воде за 27% пропуста, док се појава преливања 10-годишње велике воде може спречити за чак 67% пропуста. Значај наведеног истраживања се огледа у приказивању значаја примене радова на реконструкцији путних пропуста у циљу смањења ризика од појаве преливања воде преко саобраћајнице.

Просечну вредност радова на реконструкцији пропуста уништених услед појаве преливања воде преко саобраћајнице, у свом истраживању Perrin и Dwivedi [47] су проценили на 845 500 \$ по путном пропусту, на примеру 17 пропуста који су

услед лошег одржавања изгубили своју функцију. Наведено истраживање истиче значај редовног одржавања путних пропуста ради очувања њихове примарне функције, чијим престанком могу настати значајне материјалне штете.

Значај планирања и правовременог одржавања свих објеката и елемената путне инфраструктуре се илустративно изражава помоћу „Правила броја 5“ [29]. Наведено правило гласи: „Сваки динар (или било која друга новчана јединица) који није потрошен у фази А, а требао је бити потрошен, захтева улагање од 5 динара у фази Б. Ако наведена средства не буду уложена у фази Б, потребни радови у оквиру фазе Ц ће захтевати улагање од 25 динара, док ће одлагање улагања за фазу Д захтевати радове у вредности од 125 динара“. Наведно правило се може сумирати у закључак да свако одлагање улагања у одржавање путне инфраструктуре проузрокује петоструко увећање трошкова у наредном периоду [48].

Поред смањења трошкова на санацији оштећења насталих нередовним одржавањем, редовно одржавање путних пропуста се захтева као мера за обезбеђивање функционисања путних пропуста у условима повећаних вредности падавина које су последица климатских промена. У истраживању које је усмерено на процену утицаја климатских промена на функционисање саобраћајне мреже САД-а, аутори, Meyer и Wiegel [49], су између осталог идентификовали путне пропусте као објекте који ће бити посебно осетљиви на последице климатских промена, јер су то објекти који су димензионисани на одређене протицаје који у будућности могу бити незадовољавајући. Наведени закључци су у сагласности са резултатима истраживања које је спровео Smith [50] и истраживањем Kinsella и McGuire-а [51], који чак износе закључке да данашњи стандарди за пројектовање пропуста неће бити задовољавајући у наредних 25 година услед последица климатских промена.

Закључци истраживања које су спровели Gharaibeh и остали [52] упућују на то да се једино системом управљања саобраћајне инфраструктуре, кроз који ће бити дефинисани параметри за редовну инспекцију путних пропуста, могу се у одређеној мери смањити утицаји климатских промена на функционисање саобраћајне инфраструктуре.

У оквиру овог поглавља извршен је приказ прегледа стручне литературе која се бави проблемом појаве преливања воде преко саобраћајнице у профилу путног пропуста. На основу анализе стручне литературе извршено је усмерење истраживања у правцу формирања модела процене ризика од појаве преливања воде преко саобраћајнице у профилу путног пропуста на бујичним сливовима, који се заснива на хидролошко-хидрауличком моделу анализираних појава, са могућношћу имплементације у планове процене ризика од поплава, као и планове инспекције и одржавања путних пропуста.

#### 1.4. Циљеви истраживања

Основни циљ истраживања је формирање модела процене ризика од појаве преливања воде преко саобраћајнице у профилу путног пропуста на бујичним сливовима. Модел процене ризика ће бити базиран на рачунском моделовању свих значајних физичких процеса који доводе до формирања анализирани појаве. Модели свих физичких процеса биће обједињени у јединствен хидролошко-хидраулички модел.

У оквиру хидролошко-хидрауличког модела појаве преливања воде преко саобраћајнице у профилу путног пропуста на бујичном сливу биће укључени и модели запуњености путног пропуста седиментним наносом, као и модел трансформације хидрограма отицаја са узводног слива у ретензији, или привременој акумулацији, са узводне стране саобраћајнице.

Поред процене вредности ризика, формиран модел ће вршити и класификацију процењеног ризика на основу чега је могуће извршити рангирање путних пропуста према приоритетности интервенција на смањењу ризика. Инжењерским приступом анализирани проблем, у оквиру модела процене ризика биће имплементиран и модул за анализу примене мера на смањењу ризика за путне пропусте са високим вредностима ризика од анализирани појаве. У оквиру мера на смањењу ризика биће анализирани ефекти примене грађевинских радова на санацији или реконструкцији путног пропуста.

Испуњавањем наведених циљева биће формиран модел процене ризика чија примена може бити вишеструка. Модел ће одређивати вредности ризика појаве преливања воде преко саобраћајнице за профиле путних пропуста методологијом која се може имплементирати у постојеће моделе мапирања ризика од поплава. На основу мапираних ризика од појаве преливања воде за локације путних пропуста, могу се израдити планови одбране од поплава који узимају у обзир могућност да одређене саобраћајнице неће бити у функцији у тренутку појаве екстремних догађаја.

Мапирањем локација пропуста са високим ризиком могу се одредити путне деонице на којима је потребна посебна регулација саобраћаја, или које је потребно затворити за саобраћај, у току појаве екстремних падавина, чиме се подиже ниво безбедности саобраћаја на тој путној деоници. Модел процене ризика се може применити и за праћење ризика у реалном времену, применом сензора за мерење нивоа воде или падавина. На путу са електронском сигнализацијом, као што је ауто-пут „Моравски коридор“ који је тренутно у изградњи у Републици Србији, могу се давати обавештења о потенцијално ризичним локацијама на путу у реалном времену. На основу анализе примене радова на смањењу ризика могу се формирати планови будућег одржавања путних пропуста на одређеној путној деоници.

## 1.5. Кратак преглед рада по поглављима

У оквиру првог поглавља овог рада дат је приказ изучаваног проблема појаве преливања воде преко саобраћајнице у профилу путног пропуста на бујичним сливовима, као и потребе за спроведеним истраживањем. Дефинисана је основна хипотеза, као и две помоћне хипотезе, на којима се базира приступ изучаваном проблему. Научно позиционирање спроведеног истраживања извршено је прегледом стручне литературе у изучаваној области. На крају овог поглавља наведени су циљеви спроведеног истраживања и резиме дисертације.

Друго поглавље овог рада приказује материјале потребне за формирање модела изучаване појаве. Обзиром да је приказ примене модела процене ризика извршен на пропустима експерименталне деонице пута, у оквиру овог поглавља је прво извршен генерални приказ локације и основних карактеристика експерименталне деонице пута. Сви материјали су подељени у три групе. Прву групу података чине просторни подаци, који обухватају: податке о терену, податке о површинском слоју земљишта, податке о намени површина и податке о изучаваном путном пропусту. Другу групу чине подаци о падавинама, који представљају најважнији улазни податак хидролошко-хидрауличног модела изучаване појаве. Трећу групу података чине правно-регулаторни подаци, у које се убрајају: законски критеријум дефинисања путних пропуста као грађевинских објеката, технички критеријум за дефинисање пропусне моћи путног пропуста и експлоатациони век објекта. За сваку групу података дате су основне поделе, методе прикупљања и обраде података, као и приказ података који су коришћени за примену модела на пропустима на експерименталној деоници пута.

Треће поглавље даје детаљан приказ свих метода коришћених за формирање модела анализане појаве. Обзиром на жељу за високим нивоом детаљности моделовања изучаване појаве, у оквиру овог поглавља је описано 12 метода. Методе су систематизоване у три подгрупе, према томе који део процеса изучаване појаве описују. Подгрупа метода за припрему података обрађује улазне податке модела и припрема их за касније коришћење. У оквиру подгрупе хидролошког модела су описане методе које учествују у моделовању отицаја са узводног бујичног слива. Методе из подгрупе хидрауличног модела описују методе прорачуна пропусне моћи путног пропуста, као и модел трансформације хидрограма отицаја са слива у ретензији, или привременој акумулацији, са узводне стране саобраћајнице.

У оквиру четвртог поглавља овог рада приказана је методологија процене ризика. Методологија се базира на хидролошко-хидрауличком моделу анализане појаве, који је приказан шематски и у алгоритамском облику, након чега су детаљно описане све релације у оквиру алгоритма. Модел процене

ризика представља надоградњу хидролошко-хидрауличког модела анализираних појава, чији је приказ функционисања дат у алгоритамском облику, а резултати примене су уобличени у практично применљив образац о извршеној процени ризика. За потребе практичне примене извршена је анализа осетљивости модела помоћу које су идентификовани параметри који највише утичу на резултате модела и дате препоруке за њихово усвајање. На крају овог поглавља, приказани су софтвери коришћени за примену модела процене ризика на пропустима експерименталне деонице пута.

Резултати примене модела процене ризика за све анализираних пропусте на експерименталној деоници пута су приказани у оквиру петог поглавља овог рада. Поред приказа коначних резултата примене модела приказани су и резултати статистичке обраде појединих фаза прорачуна у циљу приказа одређених зависности и поткрепљивања основних хипотеза. У оквиру дискусије, приказани резултати су поређени са резултатима других истраживања из ове области и дискутована су уочена слагања и неслагања.

Поглавље шест даје приказ постигнутих циљева, списак новина које доноси ово истраживање и таксативно наводи закључке до којих се дошло анализирањем резултат примене модела на експерименталној деоници пута. На крају овог поглавља дају се смернице и могући правци даљег истраживања у овој области.

Поглавље седам даје списак коришћење литературе, док поглавље осам обухвата све прилоге потребне за поновљивост спроведеног истраживања.

ПОГЛАВЉЕ

**2.**

# Материјали

---



Проблем одређивања ризика од појаве преливања воде преко саобраћајнице је у оквиру овог истраживања решаван концептуалним приступом. Наведени приступ се заснива на формирању хидролошко-хидрауличног модела анализирани појаве у оквиру кога се математичким једначинама описују процеси који доводе до појаве преливања воде преко саобраћајнице у профилу путног пропуста на бујичним сливовима. Обзиром да анализирани проблем обухвата више процеса, који се изучавају у различитим научним областима, хидролошко-хидраулички модел се заснива на већем броју различитих метода које захтевају различите улазне податке.

Резултати примене метода, на којима почива хидролошко-хидраулички модел анализирани појаве, у највећој мери зависе од квантитета и квалитета улазних података модела. Наведена тврдња се базира на GIGO (енг. Garbage In – Garbage Out) принципу моделирања природних процеса [53], којим се истиче да је квалитет резултата модела директно пропорционалан квалитету улазних података.

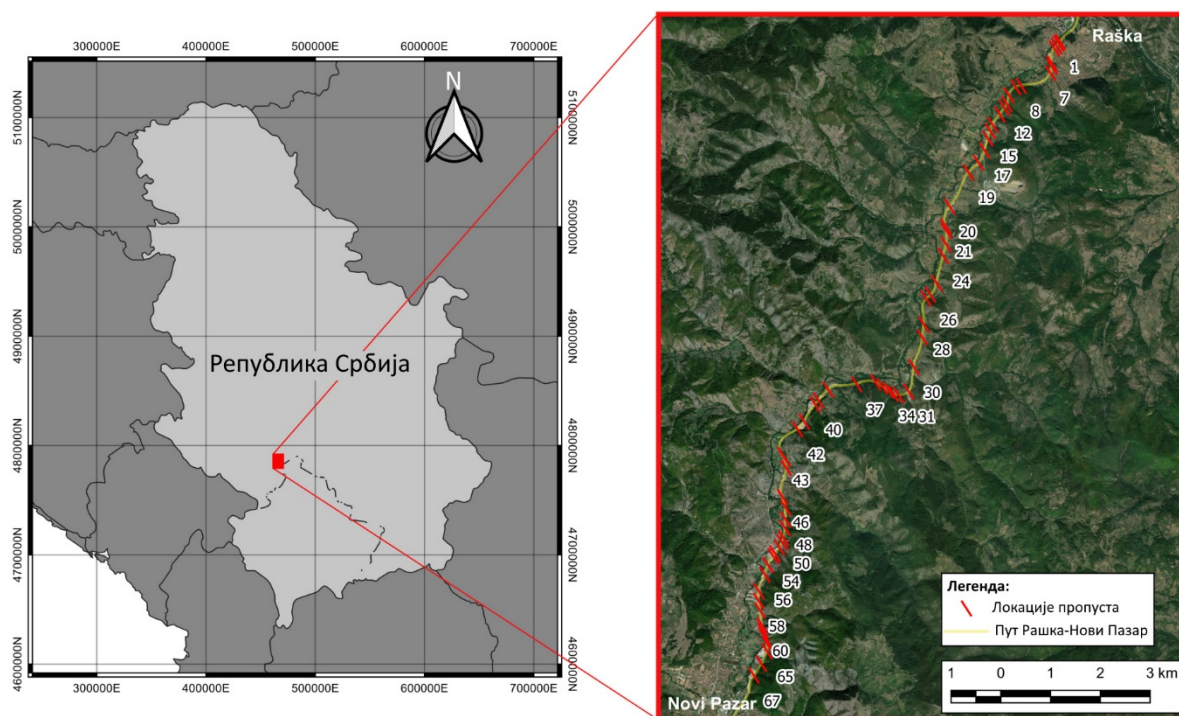
Поред наведеног GIGO принципа, потреба за описом улазних података, материјала, у оквиру једног поглавља овог рада произилази из чињенице да врста и тип улазних података одређују могућност примене одређених метода. Више метода, на којима се базира хидролошко-хидраулички модел анализирани појаве, које ће бити детаљно описане у оквиру поглавља 3 овог рада, директно зависи од типа улазних података. Иако савремени рачунарски алати омогућавају претварање или конверзију између великог броја различитих типова и формата података у дигиталном облику, таквим процедурама се готово увек смањује квалитет оригиналних података [53] услед чега се оне примењују у случајевима када нема друге алтернативе.

У оквиру овог поглавља биће прво описана експериментална деоница пута, на којој је извршена примена модела процене ризика, а затим ће бити описани подаци потребни за примену хидролошко-хидрауличног модела груписани у три групе: просторни подаци, подаци о падавинама и правно-регулациони подаци. Кроз детаљан опис постојећих метода прикупљања улазних података извршиће се приказ различитих нивоа детаљности, или квалитета, улазних података, док ће се на основу описа расположивих метода обраде мерених података извршити разграничење између различитих типова улазних података. Познавање метода мерења и обраде улазних података представља основу за процену квалитета улазних података. Дефинисање различитих типова улазних података, различитих нивоа детаљности, представља основу за опис метода на којима почива хидролошко-хидраулички модел анализирани појаве, чему је посвећено ово поглавље. У оквиру сваке групе података биће приказани подаци који су коришћени за примену модела на експерименталној деоници пута.

## 2.1. Експериментална деоница пута

Приказ практичне примене модела процене ризика од појаве преливања воде преко саобраћајнице је извршен за већи број путних пропуста који се налазе на бујичним сливовима експерименталне деонице пута. У грађевинској пракси се анализе на инфраструктурним објектима најчешће врше за одређене деонице објекта.

За потребе овог истраживања анализирана је експериментална деоница магистралног пута (државног пута 2. реда) Рашка – Нови Пазар у Републици Србији, између стационача km 236+001 и km 253+891 у укупној дужини од 17,890 km. Експериментална деоница пута је веома погодна за упоредни приказ резултата вишеструке примене модела процене ризика из разлога што се на њој налази изграђених 67 путних пропуста на планинским бујичним сливовима. Приказ експерименталне деонице пута дат је на Слици 2-1.



Слика 2-1: Експериментална деоница пута Рашка – Нови Пазар [4]

Експериментална деоница пута се налази централном делу Републике Србије, као што је приказано на левој половини Слике 2-1 на којој су геодетске координате приказане у УТМ пројекцији за зону 34-Север. Као што се са левог дела слике може видети, експериментална деоница пута прати десну обалу реке Рашке од града Новог Пазара до њеног ушћа у реку Ибар код места Рашка. Анализирана деоница пута усеца стрме стране северних обронака планине

Рогозне, која је реком Ибар одвојена од планине Копаоник на истоку, а котлином реке Рашке одвојена од јужних обронака планине Голије, на западу.

Терен је изразито планински са слабо развијеним вегетационим покривачем и плитким слојем земљишта. Наведене карактеристике терена условљавају појаву великог броја бујичних токова који немају сталан ток воде током године, али се у периодима обилних падавина активирају и директно дренирају атмосферске воде у реку Рашку. Изградња магистралног пута захтевала је изградњу путних пропуста на 67 локација на којима траса пута пресеца бујичне водотоке.

Применом предложеног модела на пропустима експерименталне деонице пута жели се добити упоредни приказ резултат модела, на основу чега се могу извући генерални закључци за анализирану деоницу са аспекта ризика појаве преливања воде преко саобраћајнице у профилима путних пропуста.

## 2.2. Просторни подаци

Просторни подаци представљају улазне податке модела којима се описују физичке карактеристике анализираног терена (Земљине површине), као и физичке карактеристике анализираних објекта (путних пропуста). У оквиру групе просторних података могу се издвојити четири значајне подгрупе података: подаци о топографији (терену), подаци о врсти површинског слоја земљишта, подаци о намени површина и подаци о анализираним путним пропустима.

За сваку наведену подгрупу података биће приказане основне класификације и методе одређивања, а затим ће бити приказани подаци који су коришћени за примену модела процене ризика на експерименталној деоници пута.

### 2.2.1. Подаци о топографији (терену)

За моделовање површине терена се користи дигитални модел терена (ДМТ), енг. Digital Terrain Model (DTM). Дигитални модел терена представља дигитални приказ неког дела Земљине површине [54]. Формирање ДМТ може бити извршено на основу индиректних података, односно података добијених дигитализацијом постојећих топографских подлога, или на основу директних података снимања површине терена. Обе наведене методе имају своје предности и мане.

Коришћење постојећих топографских подлога (карата и планова) за израду ДМТ представља брз и релативно једноставан начин формирања ДМТ, превођењем из аналогног у дигитални облик свих топографских елемената карте [55]. Наведена метода уноси у ДМТ две врсте грешака: грешке настале приликом израде аналогне карте и грешке настале приликом превођења подлоге из аналогног у дигитални облик, односно грешке скенирања које код карата велике размере могу формирати значајне разлике у односу на стварни терен. Једна од највећих мана ове методе се огледа у томе што је ниво детаљности ДМТ-а

ограничен нивоом детаљности аналогне подлоге. Друга значајна мана ове методе је зависност тачности ДМТ-а од ажурности аналогне карте, односно од тога када је садржај аналогне карте последњи пут ажуриран.

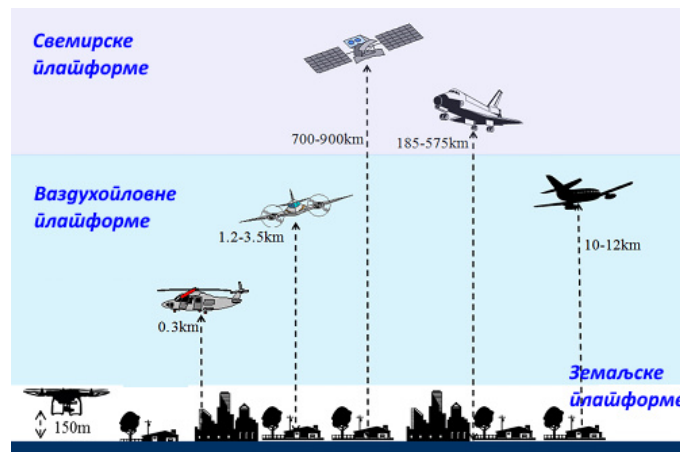
Подаци директног мерења висинских и положајних тачака терена омогућавају формирање значајно тачнијег ДМТ-а. Примена класичног геодетског мерења терена захтева значајна људска и финансијска средства, због чега су у савременој пракси све више заступљене методе даљинске детекције (енг. Remote sensing). У стручној литератури се може наћи велики број различитих врста подела метода даљинске детекције површине терена, али су две поделе најзаступљеније.

Прва подела метода даљинске детекције се врши према врсти мерног уређаја, односно начину обраде података, и на основу ње се све методе даљинске детекције деле на:

- методе које користе фотографске снимке (Аерофотограметрија), мерни уређај је фото-камера,
- методе које користе радарске снимке, мерни уређај је радар и
- методе које користе податке ласерског скенирања, код којих је мерни уређај ласерски скенер (енг. Light Detection and Ranging - LiDAR).

Друга подела разврстава методе даљинске детекције према врсти платформе са које се врши мерење на:

- земаљске и приземне платформе, до 150 m од површине тла. У ову групу се убрајају све методе које се обављају уређајима монтираним на фиксним местима или превозним средствима (друмским, речним или ваздушним). За потребе приземне даљинске детекције из ваздуха у великој мери се користе беспилотне летелице мањих димензија (енг. Unmanned Aerial Vehicles-UAV).
- ваздухопловне платформе представљају авионе и хеликоптере на које се монтирају мерни уређаји за даљинску детекцију. Ове платформе покривају веома велики опсег висина са којих се може мерити терен, па према томе и велики опсег различитих квалитета снимака, који између осталог зависе и од примењене методе даљинске детекције.
- свемирске платформе код којих се уређај за даљинску детекцију поставља на вештачке сателите или спејс-шатлове.

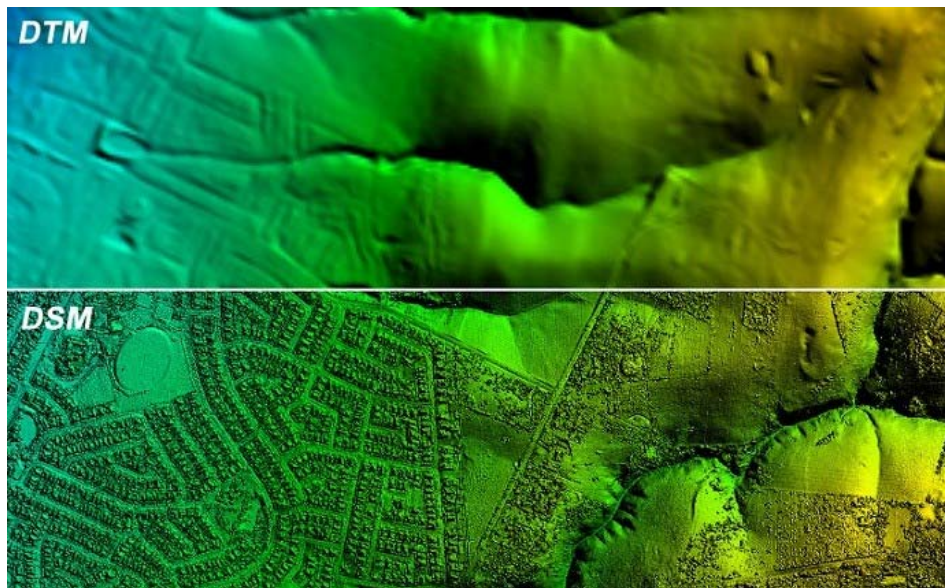


Слика 2-2: Подела техника даљинске детекције према платформи са које се врши мерење

Фотографски снимци су у прошлости били веома значајни извори просторних података, нарочито ортофото и стереоскопски снимци са авионских летелица. Развојем свемирске технологије, развијена је технологија радарског мерења површине терена применом специјалних радара (енг. Synthetic aperture radar – SAR). Радарска метода даљинске детекције омогућава мерење веома великих површина терена, али је осетљива на промене временских услова, а нарочито на облачност. За потребе мерења терена са високом тачношћу развијена је технологија ласерског скенирања терена (енг. Light Detection and Ranging - LiDAR). Ова технологија се базира на ласерском скенеру, који у зависности од висине и брзине кретања скенера, може снимити веома велики број мерних тачака по метру квадратном скениране површине терена [56].

За разлику од података класичног геодетског мерења, код којих се увек јавља проблем недовољног броја измерених тачака на терену, подаци добијени применом методе ласерског скенирања могу имати проблем превеликог броја измерених тачака. Велики број мерних података отежава рад и одређивање битних и репрезентативних вредности што захтева примену специјализованих рачунарских алата за филтрирање измерених података.

Ради формирања дигиталног модела терена из великог боја измерених тачака, или у литератури усвојеног термина „облака тачака“ (енг. Point cloud), потребно је применом математичких филтера одстранити све податке који не представљају „ голу“ површину терена. Веома је битно нагласити да се ласерским скенирањем терена формира дигитални модел скениране површине (ДМП), енг. Digital Elevation Model (DEM), који се разликује у односу на дигитални модел терема (ДМТ), енг. Digital Terrain Model (DTM), према томе што са њега нису одстрањени вегетација и вештачки објекти.

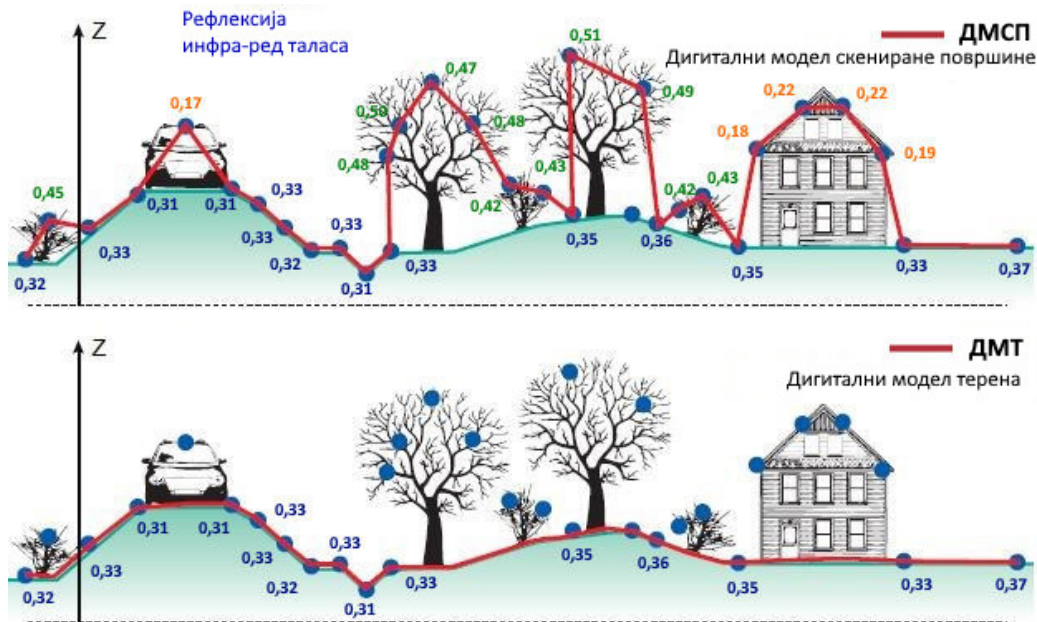


Слика 2-3: Разлика између дигиталног модела терена (DTM) и дигиталног модела скениране површине (DSM)

Могу се идентификовати четири основне групе алгоритама за филтрирање тачака [57]:

- математичко-морфолошко филтрирање [58],
- линеарна предвиђања и хијерархијски робусна интерполација [59],
- минимална растојања у оквиру троугаоне неправилне мреже [60],
- сегментација према рефлексији инфра-црвених зрака [61].

Класификација мерних тачака преко особине инфра-црвених (енг. Infrared – IR) зрака да различити материјали имају различиту рефлексију, добија све већи значај међу методама филтрације података ласерског скенирања. Наведена метода филтрације се базира на утврђеним вредностима рефлексије инфра-црвених таласа од одређених површина, као на пример: асфалт: 10-20%, трава и лишће: 30- 50%, кровови: 20-35%, стена, песак и цигла: 60% [55], на основу чега рачунарски програм закључује која је доминантна површина терена и одстрањује све тачке које не припадају тој површини.



Слика 2-4: Принцип формирања ДМТ на основу рефлексије IR таласа

За формирање дигиталних модела терена LiDAR технологија даје највећу тачност. Једно значајно ограничење ове технике мерења огледа се у томе што LiDAR нема могућност мерења терена испод површине воде.

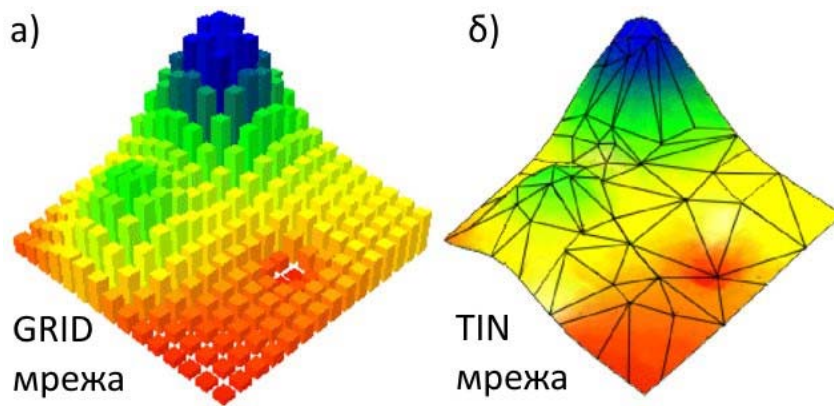
На основу података мерења терена, према усвојеној методи мерења, дигитални модел терена се може формирати на два начина, према усвојеном типу рачунске мреже:

- на основу мреже правилних квадрата (енг. Regular grid - GRID), и
- на основу мреже неправилних троуглова (енг. Triangulated irregular network – TIN).

Неведена подела формирања ДМТ-а према врсти рачунске мреже одређује и два основна формата у којима се ДМТ могу чувати, а то су:

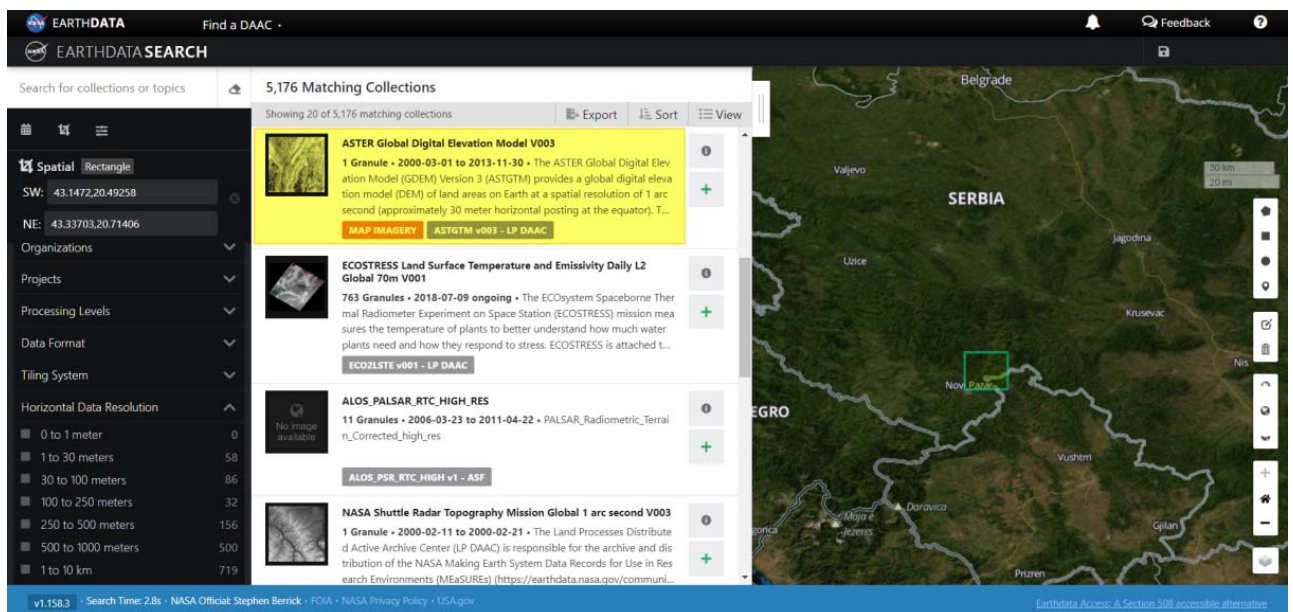
- растерски формати (енг. Raster format), који податке о ДМТ чувају у облику слике одређеног броја правилних квадрата или пиксела (енг. Pixel), која је формирана према GRID рачунској мрежи, и
- векторски формати (енг. Vector format), који податке о ДМТ чувају у облику: тачака, линија или полигона, који поседују атрибуте којима се описују висинске карактеристике терена.

Дигитални модел терена представља први и основни улазни податак за све даље анализе, и у оквиру овог поглавља изнете су основне методе формирања ДМТ, поделе према начину прикупљања података о терену, као и основне поделе ДМТ према врсти рачунске мреже и могућим форматима чувања.



Слика 2-5: Формирање ДМТ помоћу: а) GRID мреже и б) TIN мреже [62]

Приликом примене модела процене ризика за експерименталну деоницу пута коришћени су подаци о топографији терена у дигиталном облику. Подаци дигиталног модела терена (ДМТ) су преузети са пројекта формирања глобалног ДМТ-а под називом АСТЕР (енг. ASTER), за последњу јавно доступну верзију 3 [160]. Пројекат АСТЕР представља сарадњу три институције: Министарства за економију, трговину и индустрију Јапана (енг. скраћеница МЕТИ), Северноамеричке свемирске агенције (енг. скраћеница NASA) и Лабораторије за возила на млазни погон, Калифорниског института за технологију.



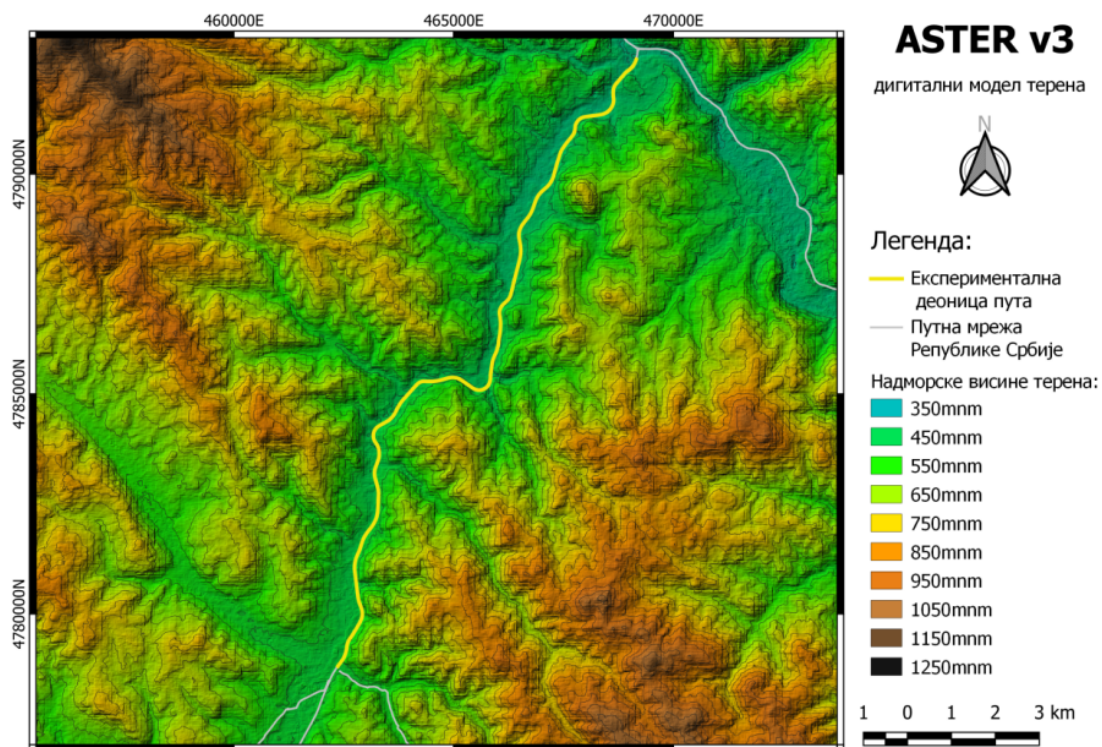
Слика 2-6: Интерфејс платформе NASA EarthDATA

Назив пројекта представља скраћеницу почетних слова речи **A**dvanced **S**paceborne **T**hermal **E**mission and **R**eflection Radiometer (ASTER), у преводу: напредни свемирски инструмент за мерење топлотне емисије и радиометарске рефлекције, на основу чега се ДМТ може класификовати као резултат даљинске детекције са свемирске платформе помоћу телескопских уређаја. Инструмент је



послат у Земљину орбиту заједно са сателитом Тера (енг. Terra), који је лансирала Северноамеричка свемирска агенција NASA 1999. године [161]. Мерни уређај је опремљен са два телескопа, један за опсервације унапред а други за опсервације уназад, при чему сваки покрива површину од приближно 60x60km. Први резултати пројекта, у виду ДМТ, су објављени 2009. године. Друга верзија глобалног ДМТ је објављена 2011. године, док је најновија верзија 3 јавно доступна од 2019. године [160].

Са интернет портала NASA EarthDATA [162] преузет је дигитални модел терена који је коришћен за потребе овог истраживања. На Слици 2-6 приказан је интерфејс платформе NASA EarthDATA, док Слика 2-7 приказује ДМТ за анализирану експерименталну деоницу пута. ДМТ пројекта АСТЕР формиран је на основу мреже правилних квадрата (GRID) и преузима се у растерском облику (GeoTIFF), у коме сваки пиксел растерске слике поседује податак о надморској висини терена који представља.



Слика 2-7: ДМТ преузет са пројекта АСТЕР

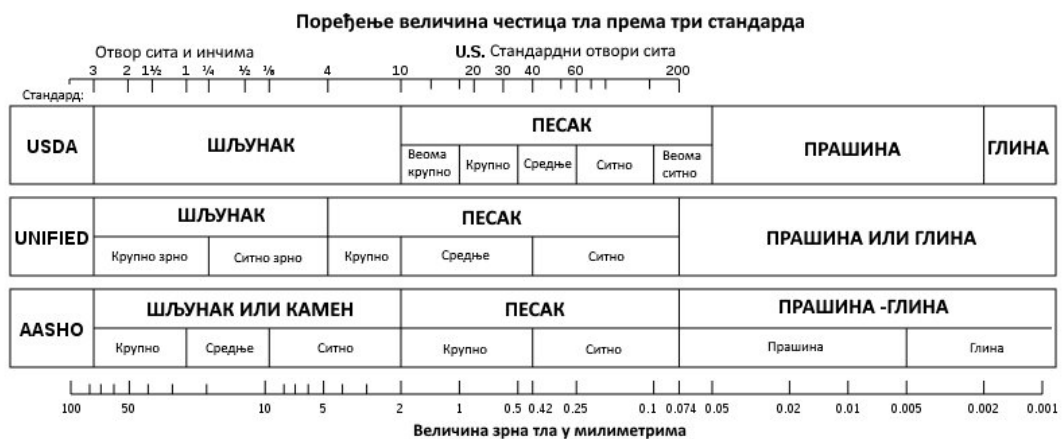
## 2.2.2. Подаци о врсти површинског слоја земљишта

Другу подгрупу просторно расподељених података представљају подаци о врсти површинског слоја земљишта (енг. Soil type). Подаци о површинском слоју земљишта, који се изучавају у оквиру научне области која се назива педологија, представљају веома битне улазне податке хидролошког модела, описаног у поглављу 3.2, на основу којих се одређују хидролошке групе земљишта.

Као и све врсте просторно расподељених података, и подаци о врсти површинског слоја земљишта се могу чувати у растерском или векторском дигиталном формату. За разлику од ДМТ, подаци о врсти површинског слоја земљишта се готово искључиво одређују методама директног мерења на терену, на основу којих се методама просторне интерполације израђују карте слојева земљишта у дигиталном или аналогном облику.

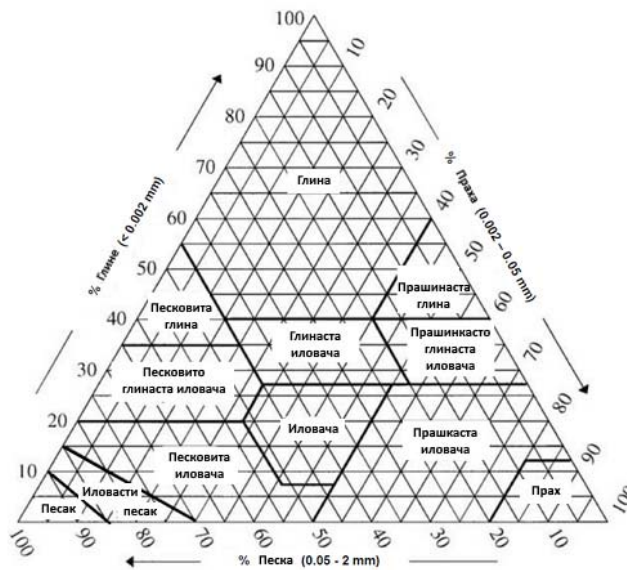
Подаци о врсти земљишта поседују проблем различитих врста класификација према којима се земљишта класификују. Читав проблем почива на различитим стандардима према којима се врши класификација типова земљишта.

Један од стандарда за класификацију типова земљишта јесте и величина неорганских зрна тла. Чак и код овако директно дефинисаног стандарда постоји више класификација у односу на задате граничне вредности величине зрна тла на основу који се врши подела. На Слици 2-8 је дат упоредни приказ величина зрна тла према три класификације.



Слика 2-8: Упоредни приказ величине зрна тла према три класификације [63]

USDA класификација тла, која врши класификацију тла према више критеријума, за познате вредности процентуалног учешћа одређених величина неорганских зрна у тлу дефинише дванаест карактеристичних текстура земљишта њиховом „троуглу текстура земљишта“:

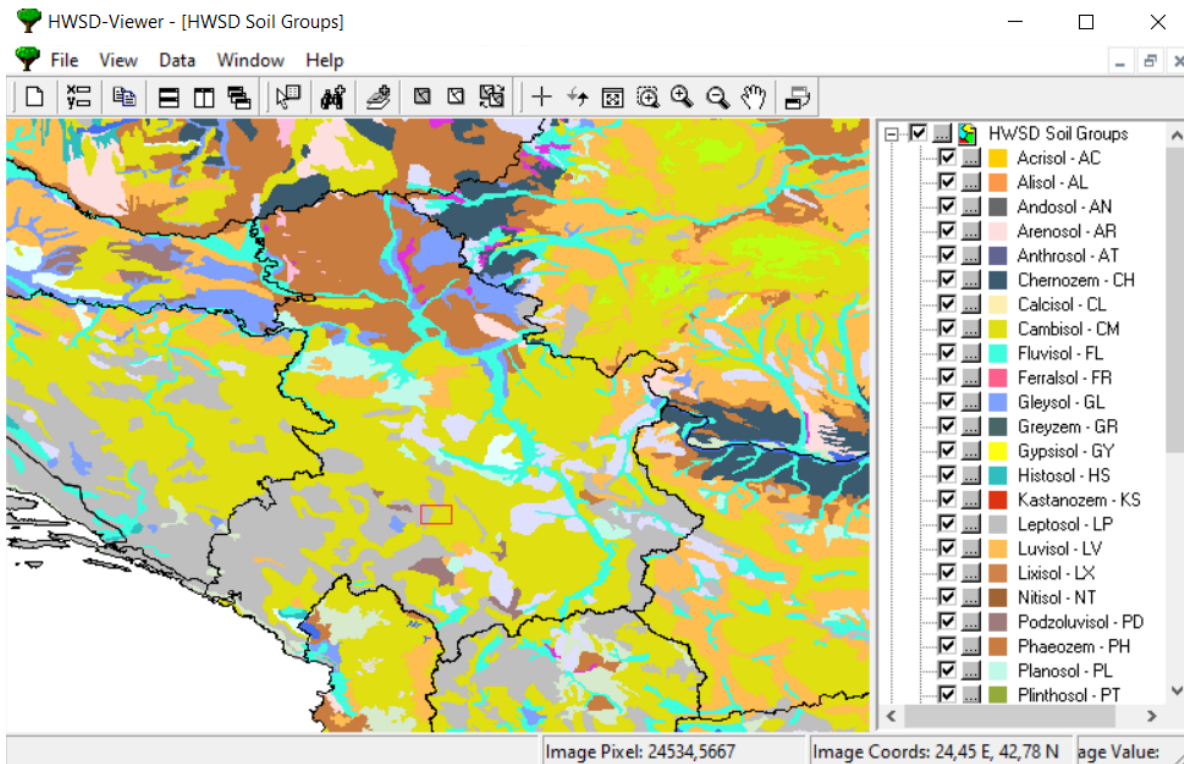


Слика 2-9: USDA троугао текстура земљишта [63]

У стручној литератури се може наћи више различитих класификација тла, као што су: USDA, AASHTO, FAO и др. Проблем превођења типова земљишта из једне у другу класификацију решен је формирањем математичких модела који се базирају на педо-трансфер функцијама (енг. *pedotransfer functions*) [64].

Идеја о формирању глобалне базе типлова тла на површини планете Земље се почиње реализовати 2008. године у оквиру пројекта Harmonized World Soil Database (HWSD), који се реализује уз подршку више међународних институција: Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO), the International Institute for Applied Systems Analysis (IIASA), ISRIC-World Soil Information, Institute of Soil Science – Chinese Academy of Sciences (ISSCAS) и Joint Research Centre of the European Commission (JRC) [65]. У оквиру HWSD пројекта формирано је више педо-трансферних функција помоћу којих се подаци о врсти земљишта преводe из једне у другу класификацију. Одређивање хидролошких група земљишта, потребних за примену хидролошког модела, врши се према величини  $MU\_Global$ , која повезује све педо-трансфер функције [66].

Подаци о врсти површинског слоја земљишта за потребе примене хидролошко-хидрауличког модела за путне пропусте на експерименталној деоници пута преузети су из јавно доступне базе података пројекта HWSD. Подаци се могу преузети са интернет странице базе HWSD [163], или се могу преузети преко програма HWSD-Viewer, Слика 2-10. Резолуција растера глобалне базе површинских слојева земљишта износи 30 угловних секунди, у географском координатном систему, што одговара димензијама једног пиксела од  $1 \times 1 \text{ km}$  [66]. Подаци из HWSD базе се могу преузети у растерском или у векторском облику.



Слика 2-10: HWSD прегледач података о врсти земљишта

### 2.2.3. Подаци о намени површина

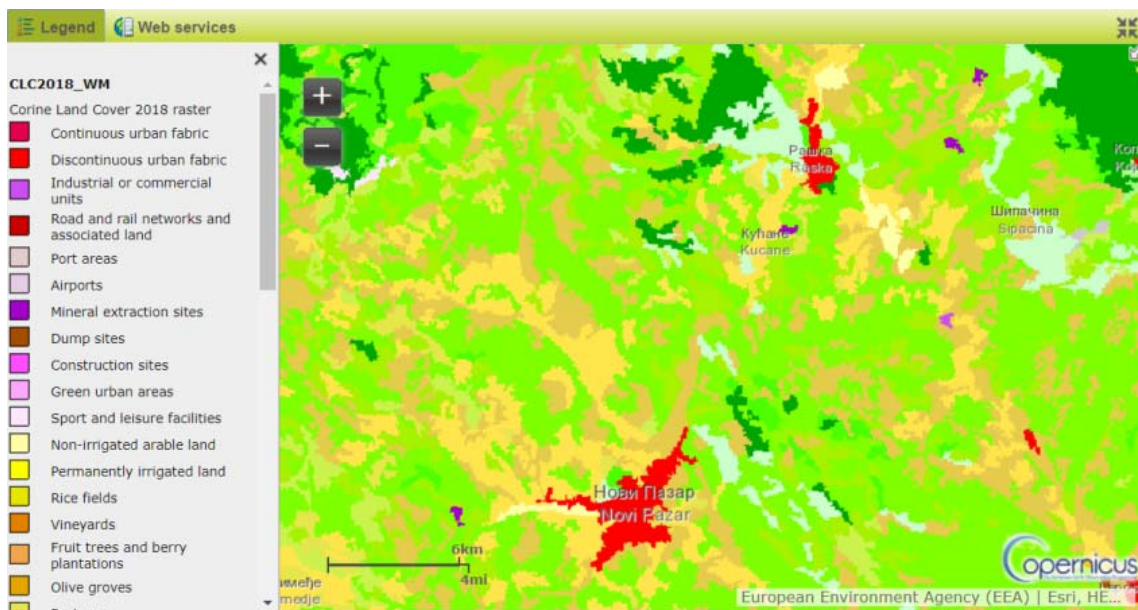
Трећу подгрупу просторно расподељених података потребних за примену хидролошко-хидрауличког модела анализирани појаве чине подаци о намени површина (енг. Land use data). Као и подаци о врсти земљишта, подаци о намени површина представљају улазане податке хидролошког модела, на основу којих се врши одређивање величина потребних за прорачун директног отицаја са слива, као што је описано у поглављу 3.2.

Генерално ова група података је у многоне слична подацима о врсти земљишта, пре свега по томе што се подаци у дигиталном облику могу складиштити у растерском и векторском формату. Као друго, и ови подаци имају проблем различитих класификација, који је решен пројектом Copernicus Land Monitoring Service (CLMS) [67], који на основу обраде сателитских снимака врши картирање намене површина према FAO (Food and Agriculture Organization of the United Nations) класификацији површина.

За примену хидролошко-хидрауличког модела на пропустима на експерименталној деоници пута, подаци о намени површина преузети су из јавно-доступне базе пројекта COPERNICUS [164]. COPERNICUS представља пројекат Европске Уније који се бави осматрањем површине планете Земље

ради праћења основних параметара животне средине и развоја људског друшта. Пројекат је формиран у сарадњи земаља чланица Европске Уније, Европске свемирске агенције (енг. European Space Agency - ESA), Европске организације за употребу метеоролошких сателита (енг. European Organisation for the Exploitation of Meteorological Satellites – EUMETSAT), Европски центар за краткорочну временску прогнозу (енг. European Centre for Medium-Range Weather Forecasts - ECMWF), Агенција Европске Уније и фирме Mercator Ocean, а све под управом Европске Комисије [67].

Технички аспект пројекта COPERMICUS се ослања на више сателита из серије SENTINEL, као и на велики број in-situ сензора на површини Земље и у атмосфери, помоћу којих се врши прикупљање великог броја различитих података о планети Земљи [165]. Обрађени подаци осматрања се дистрибуирају кроз шест сервиса овог пројекта. У оквиру Copernicus Land Monitoring Service (CLMS) налазе се јавно доступни подаци о намени површина, који су коришћени у оквиру овог истраживања [166].



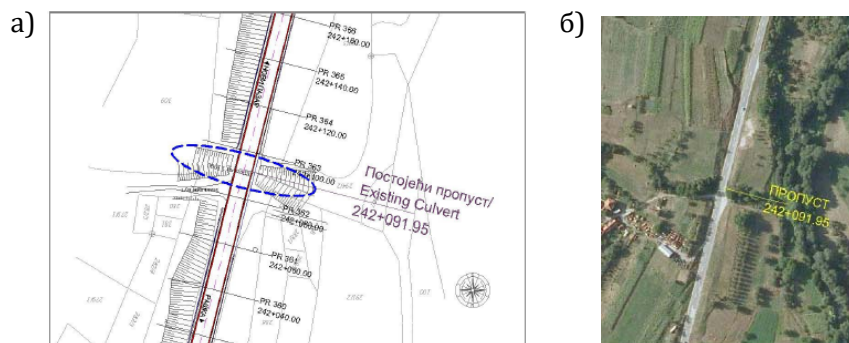
Слика 2-11: Copernicus Land monitoring Service интерфејс [166]

#### 2.2.4. Подаци о анализираним путним пропустима

Четврту подгрупу просторно расподељених улазних подата хидролошко-хидрауличког модела анализиране појаве чине подаци о анализираним путним пропустима. За разлику од претходно наведених група просторно расподељених података, подаци о путним пропустима нису доступни за примену метода даљинске детекције. Специфичност ове групе улазних података се огледа у томе што је за примену модела потребно одредити податке о изведеном стању објекта и податке о постојећем стању објекта. Подаци о изведеном стању објекта се прикупљају у дигиталном облику из пројеката изведених објеката, за објекте изведене у претходних 10-20 година, или дигитализацијом аналогних цртежа за пропусте грађене у ранијем периоду.

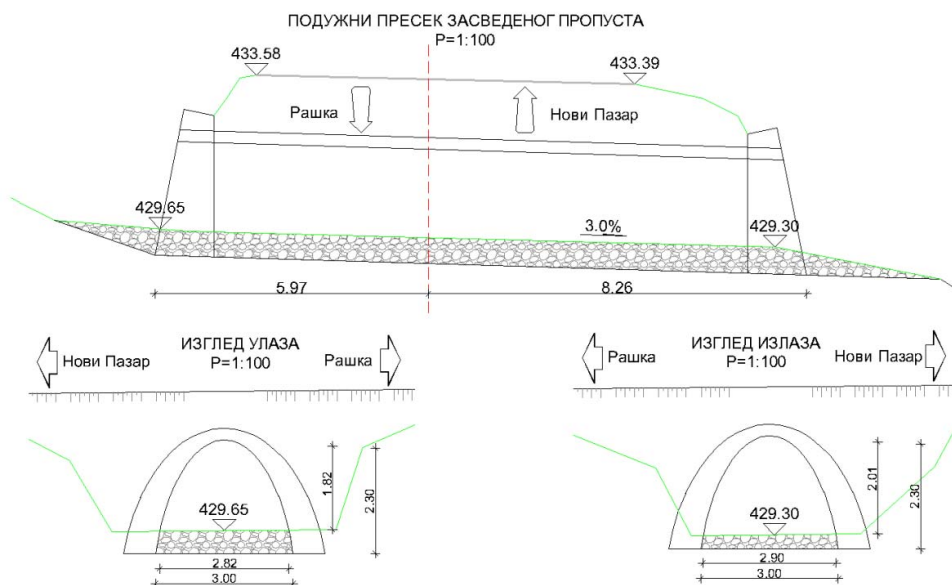
Подаци о постојећем стању објекта се могу добити једино методама директног геодетског мерења објеката и инжењерског рекогностизирања експлоатационог стања анализираних путних пропуста. Подаци о физичким карактеристикама, односно о постојећем стању објекта представљају улазне податке хидрауличког модела на основу којих се одређује пропусна моћ путног пропуста, методама описаним у поглављу 3.2. На основу изведеног стања путног пропуста могуће је одредити протицајни капацитет путног пропуста када би се применили радови на санацији путног пропуста, услед којих би се пропуст вратио у новоизграђено стање. Протицајни капацитет новоизграђеног стања пропуста говори о томе да ли су у тренутку пројектовања и изградње анализираних пропуста важили исти технички и законски нормативи као данас, као и да ли је пројектант располагао одговарајућим подацима и методама за адекватно димензионисање анализираних пропуста.

За потребе овог истраживања извршено је теренско мерење свих путних пропуста на експерименталној деоници пута. Управо због позиционирања пропуста у најнижим тачкама тела путне конструкције, путни пропусти представљају објекте тешко доступне за инспекцију и преглед.



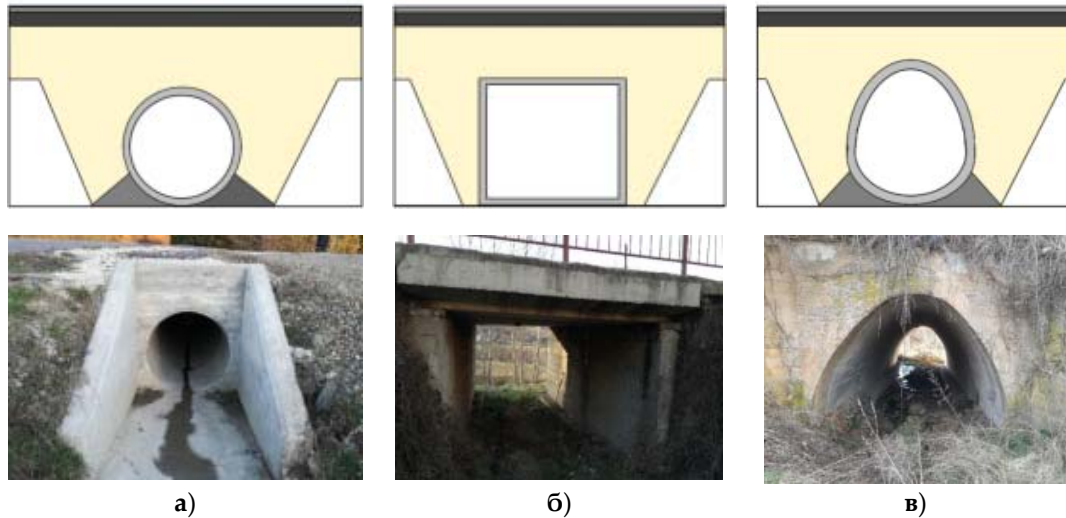
Слика 2-12: а) Ситуација са локацијом пропуста и б) ортофото снимак

Подаци геодетских мерења на терену су обрађени у програму за техничко цртање (AutoCAD) на основу чега су формиран поперчни и подужни профили путних пропуста. Обзиром да за експерименталну деоницу пута не постоје подаци о физичким карактеристикама пропуста у новоизграђеном стању, ти подаци су процењени на основу мерења физичких карактеристика пропуста после уклањања дела акумулираног наноса на улазним и излазним деловима објекта.



Слика 2-13: Обрађени подаци теренских мерења: подужни пресек и изгледи

Обрадом података теренских мерења свих путних пропуста на експерименталној деоници пута и њиховом класификацијом према облику поперчног пресека, установљано је да на експерименталној деоници пута постоји 67 бетонских путних пропуста који се могу класификовати у три групе: цевасти (енг. pipe), плочасти или правоугаони (енг. box) и засведени (енг. pipe-arch). На Слици 2-14 је приказан шематски приказ сваког типа путног пропуста, као и слике са теренских мерења.



Слика 2-14: Типови пропуста на експерименталној деоници пута: а) цевести, б) плочасте и в) засведени [4]

Различити типови бетронских пропуста на експерименталној деоници пута могу бити последица више фактора. Међу значајним утицајима се истиче чињеница да се траса експерименталне деонице пута највећим делом води високим насипом, па је приступ људи и машина плодним њивама у непосредној близини реке Рашке решен проласком испод саобраћајнице, што је захтевало изградњу плочастих пропуста и засведених пропуста већих димензија.

Рекогносцирањем пропуста на терену уочено је да је одређени број цевестих пропуста у новоизграђеном стању, Слика 2-14 а), што говори о томе да су ти пропусни највероватније изграђени услед неке од последњих реконструкција експерименталне путне деонице.

Основни технички подаци о анализираним пропустима на експерименталној деоници пута су приказани у Табели 2-1, док су детаљни подаци наведени у Прилогу 1. У циљу подржавања концепта јавно-доступне науке, подаци о физичким карактеристикама путних пропуста су јавно доступни преко линка из референце [167].



Табела 2-1: Путни пропусти на експерименталној деоници пута

Редни број пропуста:	Стационажа пута [km]	Тип путног пропуста:	Редни број пропуста:	Стационажа пута [km]	Тип путног пропуста:
1	236+787,98	Цевни пропуст	22	241+586,83	Засведени пропуст
2	236+823,51	Цевни пропуст	23	241+852,17	Засведени пропуст
3	236+894,18	Плочасти пропуст	24	242+090,81	Засведени пропуст
4	236+956,47	Засведени пропуст	25	242+664,35	Плочасти пропуст
5	237+272,57	Засведени пропуст	26	242+917,15	Засведени пропуст
6	237+347,94	Засведени пропуст	27	243+018,46	Засведени пропуст
7	237+474,57	Засведени пропуст	28	243+587,44	Засведени пропуст
8	238+156,69	Засведени пропуст	29	243+846,10	Засведени пропуст
9	238+292,19	Засведени пропуст	30	244+471,59	Цевни пропуст
10	238+490,45	Плочасти пропуст	31	244+966,12	Плочасти пропуст
11	238+669,13	Засведени пропуст	32	245+195,07	Цевни пропуст
12	238+766,17	Засведени пропуст	33	245+293,13	Плочасти пропуст
13	238+915,57	Засведени пропуст	34	245+422,35	Цевни пропуст
14	239+173,11	Плочасти пропуст	35	245+548,35	Цевни пропуст
15	239+319,67	Цевни пропуст	36	245+727,52	Плочасти пропуст
16	239+472,49	Цевни пропуст	37	246+075,34	Засведени пропуст
17	239+719,77	Цевни пропуст	38	246+726,22	Цевни пропуст
18	239+997,62	Засведени пропуст	39	246+999,19	Засведени пропуст
19	240+279,11	Плочасти пропуст	40	247+118,27	Засведени пропуст
20	241+027,08	Засведени пропуст	41	247+524,23	Засведени пропуст
21	241+492,58	Засведени пропуст	42	247+736,66	Плочасти пропуст

Редни број пропуста:	Стационажа пута [km]	Тип путног пропуста:
43	248+456,77	Цевни пропуст
44	248+550,84	Цевни пропуст
45	248+721,08	Засведени пропуст
46	249+329,99	Плочасти пропуст
47	249+551,94	Засведени пропуст
48	249+782,51	Засведени пропуст
49	249+954,08	Цевни пропуст
50	250+157,09	Засведени пропуст
51	250+246,86	Засведени пропуст
52	250+365,82	Засведени пропуст
53	250+506,79	Плочасти пропуст
54	250+575,28	Цевни пропуст
55	250+787,30	Плочасти пропуст

Редни број пропуста:	Стационажа пута [km]	Тип путног пропуста:
56	250+990,72	Цевни пропуст
57	251+346,95	Цевни пропуст
58	251+541,72	Плочасти пропуст
59	251+667,78	Цевни пропуст
60	252+038,90	Цевни пропуст
61	252+152,23	Цевни пропуст
62	252+248,92	Плочасти пропуст
63	252+322,88	Цевни пропуст
64	252+427,55	Цевни пропуст
65	252+569,80	Плочасти пропуст
66	252+852,53	Засведени пропуст
67	253+165,20	Засведени пропуст

### 2.3. Подаци о падавинама

У оквиру изучаваног проблема, један од најзначајнијих процеса представља процес трансформације падавина у отицај са слива, који је описан у поглављу 3.2. Подаци о падавинама представљају основне улазне податке хидролошког модела који трансформише ефективне падавине у хидрограм директног отицаја са слива.

Падавине представљају сублимирану атмосферску воду која се у виду кише, града или снега враћа из атмосфере на површину терена [68]. За потребе овог истраживања анализиране су само кишне падавине, и надаље ће се под термином падавине мислити искључиво на кишне падавине. Подаци о падавинама поред расподеле у простору поседују и временску расподелу, т.ј. време појаве падавина и њихово трајање представљају битне особине измерене кише. Просторна и временска расподељеност података о падавинама захтева како специфичне методе мерења, тако и специфичне методе обраде података. Подаци о падавинама који се користе у оквиру хидролошких модела могу се поделити према нивоу обраде података [69] на:

- осмотрене падавине и
- рачунске падавине.

Осмотрене падавине представљају податке о измереним падавинама који се односе на одређени (измерени) кишни догађај на одређеној кишомерној станици. Подаци о осмотреним падавинама представљају податке са мерног уређаја за одређени временски оквир. Рачунске падавине представљају статистички обрађене податке мерења падавина који поред мерљиве карактеристике падавина (висине  $H(mm)$  или интензитета падавина  $i(mm/min)$ ) и временске компоненте (рачунско трајање кише  $t_k(min)$ ) поседује и статистички одређени параметар, вероватноћу појаве рачунске кише  $P(\%)$  или повратни период  $T_p(год.)$ . Основна разлика између осмотрених и рачунских падавина се огледа у томе што се на основу осмотрених падавина, применом метода статистичке обраде, формирају рачунске падавине које поседују и статистички одређени параметра.

Основни податак за даље обраде представља осмотрена киша, а коришћена метода мерења одређује тачност и прецизност измерених података. Стручна литература нуди више различитих подела метода мерења падавина, али је најзаступљенија подела на основу тога да ли се врши директно мерење количине пале кише [53], према којој се све методе мерења падавина деле на:

- методе директног мерења падавина и
- методе индиректног мерења падавина.

Методе директног мерења падавина се заснивају на употреби мерног уређаја, кишомера, којим се мери физички параметар који представља директну

последницу пале кише, а то је најчешће запремина или тежина пале воде. У хидрометриској пракси се подаци о падавинама изражавају милиметрима [mm] пале кише по метру квадратном површине, што одговара запремини од 1 литра пале кише. Наведена физичка карактеристика представља основу на којој се базирају различити уређаји за директно мерење падавина, који се најчешће називају заједничким именом кишомери. Према начину бележења података о падавинама разликујемо две врсте кишомера [68]:

- нерегиструјући кишомер, који мери укупну висину пале кише у периоду између два узастопна читавања вредности висине падавина у кишомеру и,
- региструјући кишомер, који региструје промене висине или интензитета пале кише током времена.

Нерегиструјући кишомери, за које се употребљавају називи тотализатор или само кишомер, представљају уређаје који се користе за мерење укупних падавина за одређени временски период (дан, недеља или месец). Конструкција ових уређаја се састоји од цилиндра отвореног са горње старне који се са доње стране завршава левком из кога се пала киша прихвата у стаклену посуду са градуисаном скалом. Обзиром да је вредност површине отвора цилиндра позната, подела скале на стакленој посуди је тако формирана да се са ње директно читава висина пале кише у  $\text{mm/m}^2$ .

Региструјући кишомери, за које се употребљавају називи плувиограф и омброграф, представљају уређаје који бележе податке о падавинама у аналогном облику, на папирној плувиографској траци, или у дигиталном облику, уносом података у уређај са складиштење (енг. Data logger). Према конструкцији мерног уређаја постоји више типова региструјућих кишомера, код којих ће у најкраћим цртама бити описани основни принципи рада.

Плувиограф са пловком, или Хелманов плувиограф, представља уређај који региструје промену запремине воде у плувиографској посуди. Регистровање промене запремине може се вршити класичним методама, пером које бележи промене на траци која се налази на цилиндру са сатним механизмом, или савременим методама, ласерским или сензорским уређајима за детектовање нивоа воде у плувиографској посуди. Обзиром да запремина плувиографске посуде није неограничена, пражњење се врши помоћу сифона који почиње са радом када се достигне максимални ниво воде у посуди. Због наведеног техничког решења пражњења плувиографске посуде, сумарна крива висине пале кише се добија сабирањем мерених података између два пражњења плувиографске посуде.

Плувиограф са вагом (енг. Weighing precipitation gauge) представља уређај који региструје промену тежине воде у плувиографској посуди. Регистровање промене тежине пале кише се може вршити класичним методама, са пером и папирном траком, или савременим сензорским методама. Плувиографска

посуда се и код овог уређаја празни сифонским преливом, па подаци мерења имају исти запис као и код плувиографа са пловком.

Плувиограф са клацкалицом (енг. Tipping bucket rain gauge), или импулсни кишомер, представља уређај за мерење интензитета кише без плувиографске посуде. Конструкција уређаја је таква да после левка кап воде пада у једну од две посуде познате запремине које се померају око централно постављене осовине, на основу чега се посуде наизменично пуне и празне по принципу клацкалице. Постоје два типа овог уређаја, један који региструје број импурсла, померања клацкалице, односно запремину пале кише, у току правилних временских интервала, а други који региструје тачно време сваког импурсла. Код оба типа плувиографа са клацкалицом конструкција кумулативне криве падавина захтева обраду измерених података.

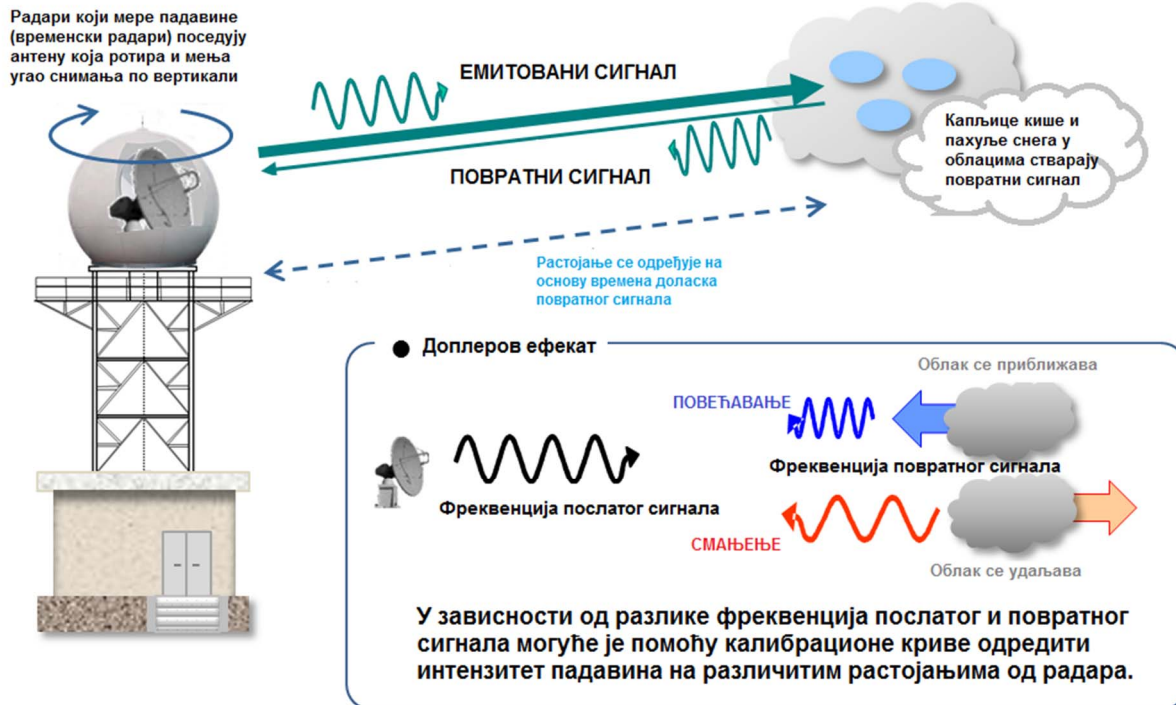
Методe индиректног мерења падавина се заснивају на одређивању интензитета падавина на основу познате функционалне зависности између неке мерене величине и интензитета кише. Карактеристично за све методe индиректног мерења јесте да оне захтевају калибрациону криву, односно познату функционалну зависност између интензитета кише и мерене величине. Ове методe се деле према врсти сензора на: оптичке, акустичке и радарске.

Оптички кишомер (енг. Optical rain gauge) представља уређај који одређује запремину пале воде која је прошла кроз површину оптичког зрака између извора и сензора на основу мерења величине и брзине кишних капи. Сензор има могућност детектовања величине препреке која се јавила између њега и оптичког извора на основу чега се одређује величина кишне капи. Овакви уређаји имају могућност мерења само вертикалног проласка кишних капи кроз оптички сноп, услед чега су осетљиви на утицај ветра.

Акустични кишомери (енг. Acoustic rain gauge) представљају уређаје који мере величину палих капи на површину мерног уређаја помоћу акустичних карактеристика таласа који настаје услед ударца кишне капи о површину мерног уређаја. Ови уређаји су веома захвални за одржавање, јер не поседују покретне делове. Конзумирају веома малу количину енергије, услед чега се могу напајати соларном енергијом на неприступачним локацијама. Али, као и оптички кишомер, овај уређај веома много зависи од програмиране калибрационе криве на основу које врши претварање измереног сигнала (светлосног или звучног) у интензитет падавина.

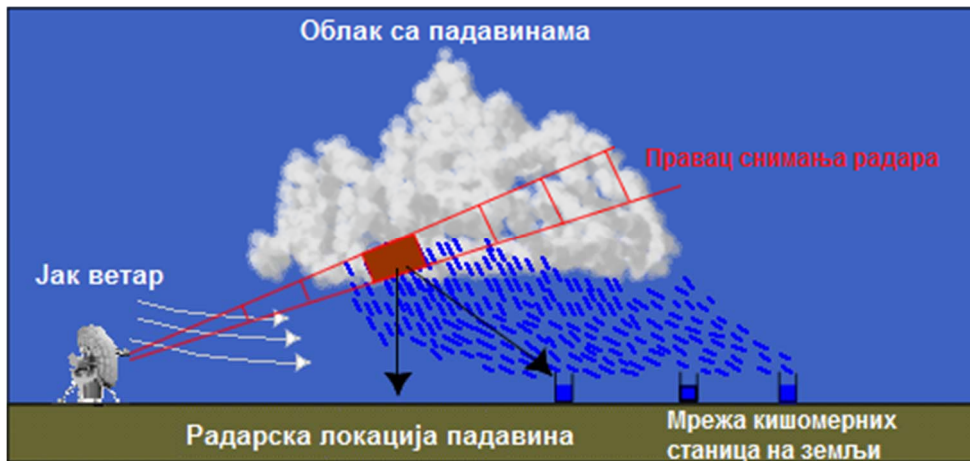
Радарско мерење падавина се заснива на метеоролошким радарима који помоћу принципа Доплеровог ефекта мере јачину, односно слабљење, повратног сигнала. Принцип рада метеоролошког радара за мерење падавина се заснива на томе да постоји функционална зависност између јачине повратног сигнала и интензитета падавина, на путу радарског зрака на различитим удаљеностима од радара. Помоћу калибрационе функције се одређују интензитети падавина за различита растојања, а затим се одређени интензитети падавина наносе на

квадратну просторну рачунску мрежу, чиме се формира просторна расподела осмотрених падавина.



Слика 2-15: Шематски приказ принципа рада падавинског радара

Једно од главних ограничења технике радарског мерења падавина огледа се у томе што падавински радари не мере падавине на нивоу тла, већ на висини стотинама метара изнад тла, с тим да висина расте са порастом растојања од радарске станице. Последице наведеног ограничења се огледају у томе да постоји могућност промене интензитета падавина док оне стигну до тла, нарочито у областима са јаким ветровима и изразито неравномерном топографијом. Тако да се може десити да падавине, измерене помоћу радара и просторно расподељене рачунском мрежом, не одговарају онима које су стварно пале на тло, Слика 2-16.



Слика 2-16: Приказ ограничења радарског мерења падавина услед јаког ветра

Радарска мерења падавина се могу вршити и са сателитских платформи помоћу метеоролошких сателита. Радарски сензори на метеоролошким сателитима врше мерења рефлектованог сунчевог зрачења од површине земље и од атмосфере. Сателитским мерењима се одређује прекривеност одређене површине облацима, а на основу функционалне зависности између рефлексије горње стране облака и интензитета кише одређује се интензитет падавина [53]. Једно од главних ограничења ове методе се огледа у томе што она не може детектовати шта се дешава испод, односно са доње стране, облака. Ова метода је веома корисна за праћење кретања маса облака и предвиђање зона у којима ће потенцијално доћи до појаве падавина.

Претходно наведене методе радарске детекције падавина, и са тла и из свемира, изузетно су зависне од података осматрања падавина класичним методама, јер се на основу тих података формира калибрациона крива ових уређаја. Такође треба напоменути да наведена технологија радаске детекције може дати веома непрецизне податке у областима са неразвијеном мрежом кишомерних станица. У савременој литератури се могу наћи предлози нових техника за унапређење метода просторне и временске детекције падавина. Једна о иновативних метода даљинске детекције падавина се базира на коришћењу микроталасних сигнала постојећих мрежа мобилних оператера [70]. Наведена метода има више предности, као што је постојећа инфраструктура мобилне мреже и велика просторна покривеност територије неке државе мобилном мрежом. Али, као и све методе индиректног мерења падавина, и ова метода захтева формирање калибарционе криве коју је потребно ажурирати за различите временске услове, што опет захтева развијену мрежу кишомерних станица. На крају се може закључити да методе даљинског мерења падавина никада неће моћи у потпуности заменити мрежу кишомерних станица и да развој теренске мреже директно омогућује прецизнију примену метода даљинске детекције.

У претходним пасусима су описане методе и уређаји одређивања осмотрених података о падавинама. Поред осмотрених података о падавинама, или осмотрених киша, у хидролошком моделовању се користе и статистички обрађени подаци мерења падавина, или рачунске кише. Рачунске кише се карактеришу са три величине: физичком карактеристиком падавина (висина  $H(mm)$  или интензитет падавина  $i(mm/min)$ ), временском компонентом (рачунско трајање кише  $t_k(min)$ ) и статистички одређеним параметром који се изражава као вероватноћа појаве рачунске кише  $P(\%)$  или као повратни период рачунске кише  $T_p(год.)$ . Све три величине се одређују статистичком обрадом осмотрених кишних епизода са плувиографских трака. Обзиром да подаци са плувиографских трака представљају континуалан запис, пре њихове статистичке обраде, потребно је извршити дискретизацију измерених података [68].

Дискретизација континуалних података мерења се може извршити према једној од три методе:

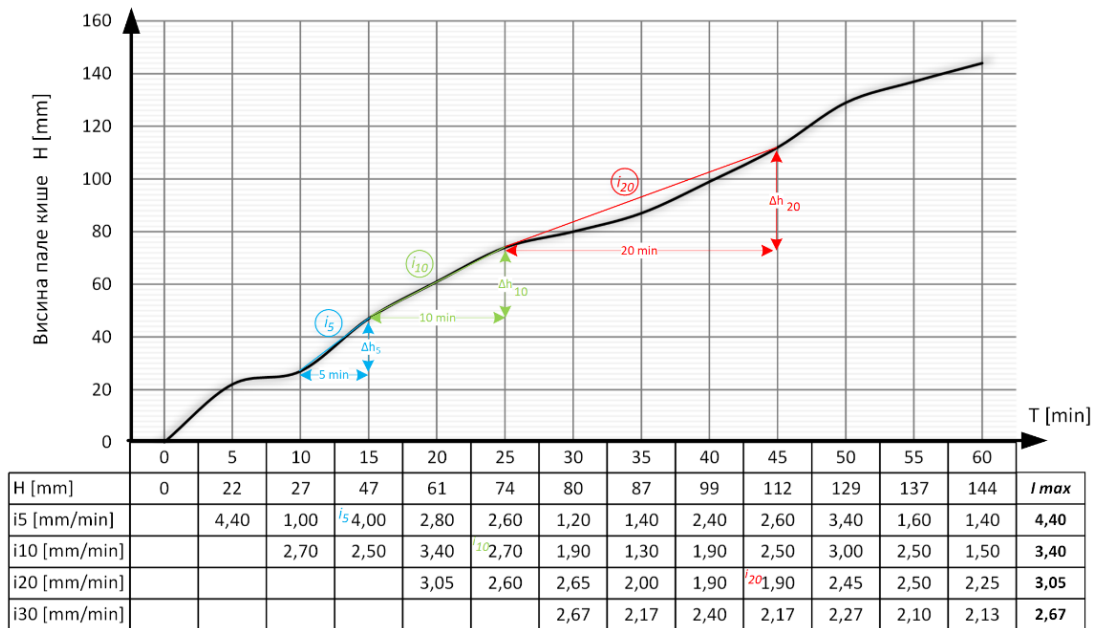
- читавање вредности са сумарне криве у константним временским интервалима,
- читавање временских тренутака до достизања константног интензитета кише,
- читавање преломних тачака на сумарној линији, односно времена и одговарајућих висина кише између којих се интензитет кише није битно мењао.

Регистровање кишне епизоде на неком мерном месту се врши према максималној вредности интензитета пале кише за одређено рачунско време трајања кише  $t_k [min]$ . Регистрација кишних епизода захтева примену неке од претходно наведених метода дискретизације, међу којима је прва метода најзаступљенија. Дискретизација према првој методи захтева усвајање временског интервала дискретизације  $\Delta t$ , таквог да се рачунска времена трајања кише могу одредити као целобројни умножак интервала дискретизације.

Интензитет кише  $i [mm/min]$  се одређује као количник прираштаја висине падавина  $\Delta h [mm]$  између две тачке које се налазе на међусобном временском растојању  $t_k [min]$  на сумарној линији висине падавина. Према истом принципу, прираштај висине падавина  $\Delta h [mm]$  представља разлику висина укупних падавина,  $H(t + \Delta t) - H(t)$ , између две тачке које се налазе на међусобном временском растојању  $t_k$ . Формирањем низова прираштаја висине падавина и интензитета за усвојено време дискретизације  $\Delta t$  и различита времена трајања рачунске кише  $t_k$  врши се одређивање кишне епизоде као рачунске кише која има максимални просечни интензитет,  $i(t_k) = \max i$ .

Поступак одређивања рачунских киша трајања  $t_k = 5, 10, 20$  и  $30 min$  на основу низова интензитета падавина за једну осмотрену кишу са плувиографске траке за време дискретизације  $\Delta t = 5min$  приказан је на Графикону 2-1.





Графикон 2-1: Одређивање интензитета падавина за кишну епизоду

Претходно описаним поступком обраде података осматраних падавина одређује се кишна епизода која представља основну јединица за даље статистичке обраде. Статистичка обрада подразумева формирање низова података о максималним просечним интензитетима падавина  $i$  за кишне епизоде одређеног трајања рачунске кише  $t_k$ . За формиране низове интензитета падавина одређеног трајања врши се прилагођавање теоријских функција расподеле вероватноће или неке аналитичке функције, тако да крива функције што боље описују емпиријску расподелу низа интензитета падавина [71]. Статистичком обрадом података низа осматраних интензитета дефинисаног трајања рачунске кише формира се функционална зависност. Дефинисање функционалне зависности је од изузетног значаја ради одређивања интензитета падавина изван временског оквира осматраних података.

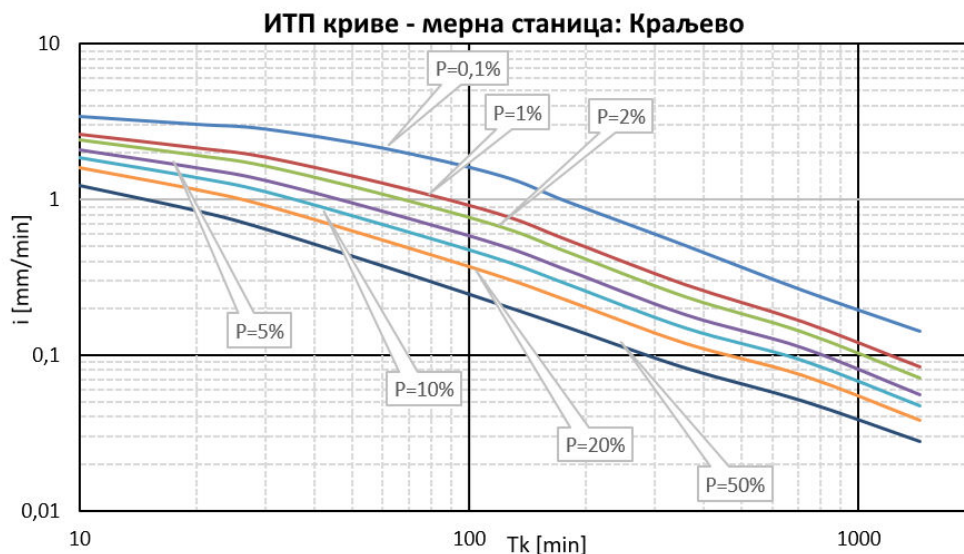
Одређивање теоријске функције расподеле вероватноће која се најбоље прилагођава емпириској расподели података осматраних интензитета рачунских киша представља посебну проблематику. У стручној литератури се могу наћи процедуре формирања емпиријских и теоријских функција расподеле вероватноће, као и провера њиховог слагања применом различитих тестова сагласности [71,72]. Различити облици аналитичких функција које описују зависност између интензитета, трајања и повратног периода рачунске кише се могу наћи у литератури [73], а функција са најширом применом је приказана једначином (2-1):

$$i(T_p, t_k) = \frac{A T_p^D}{(t_k + C)^B} \quad (2-1)$$

где је:

$i(T_p, t_k)$  – интензитет падавина одређеног повратног периода и одређеног трајања рачунске кише,  $T_p$  – повратни период рачунске кише [год.],  $t_k$  – време трајања рачунске кише [мин.], док вредности параметара  $A, B, C$  и  $D$  се одређују регресионом анализом.

Понављањем описаног поступка статистичке обраде за стандардна времена трајања рачунске кише,  $t_k = 10, 20, 30, 60, 120, 180, 360, 720$  и  $1440 \text{ min}$ , добија се серија функција са којих се за стандардне вредности вероватноће појаве,  $P = 50, 20, 10, 5, 2, 1$  и  $0,1\%$ , могу очитати вредности интензитета падавина. На овај начин долази до формирања серије кривих које описују зависност између интензитета, трајања и вероватноће појаве рачунских киша за одређено мерно место. Ове криве се називају ИТП криве (енг. IDF curves), имају широку примену у хидролошкој пракси [74] и могу се приказивати у виду графикана, Графикон 2-2, или табеларно, Табела 2-2.

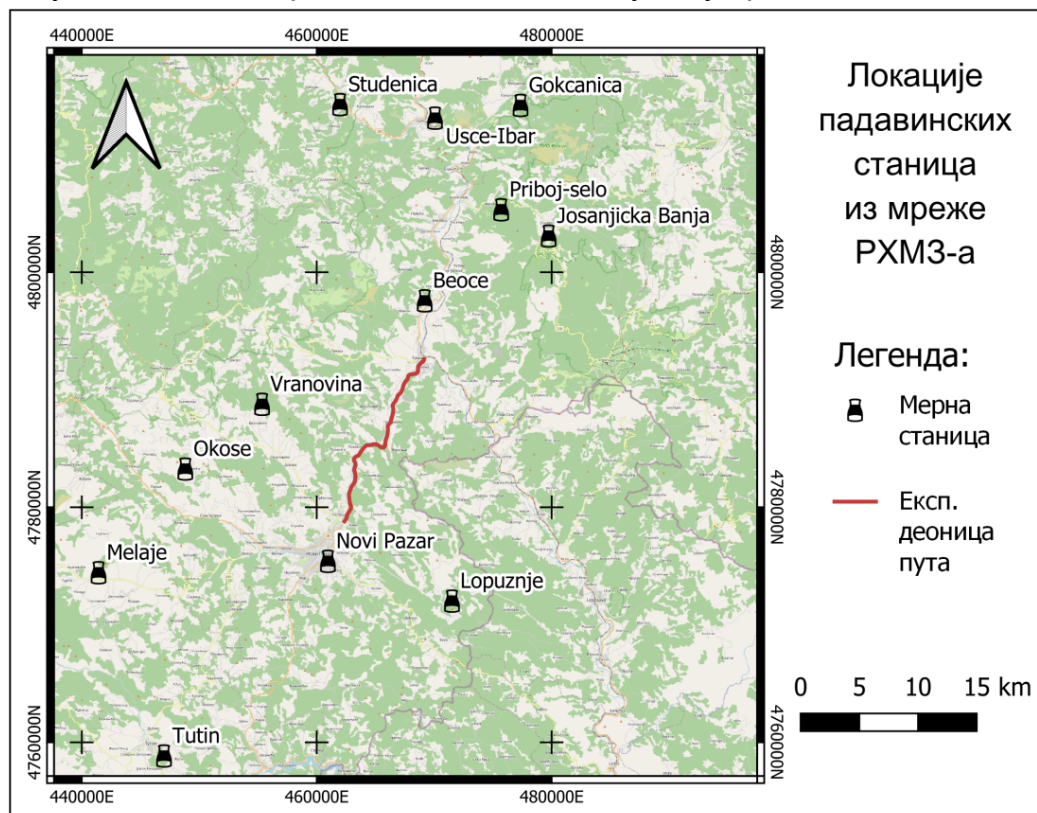


Графикон 2-2: ИТП криве

Табела 2-2: Подаци о карактеристичним интензитетима падавина са ИТП кривих

Tk (min)	P(%)						
	0,1	1	2	5	10	20	50
10	3,443	2,642	2,409	2,1	1,863	1,615	1,238
20	3,065	2,159	1,916	1,61	1,386	1,165	0,852
30	2,857	1,883	1,636	1,336	1,125	0,922	0,65
60	2,156	1,281	1,079	0,847	0,692	0,552	0,377
120	1,438	0,808	0,669	0,513	0,412	0,322	0,213
180	0,97	0,549	0,456	0,352	0,284	0,224	0,151
360	0,509	0,284	0,236	0,183	0,149	0,119	0,083
720	0,262	0,164	0,14	0,112	0,092	0,074	0,051
1440	0,143	0,084	0,071	0,056	0,047	0,038	0,028

За примену хидролошко-хидрауличног модела на пропустима експерименталне деонице пута коришћени су подаци о падавинама које на територији Републике Србије прикупља и обрађује Републички хидрометеоролошки завод Србије (РХМЗ). Обзиром да је ово истраживање усмерено на моделовање отицаја са бујичних сливова малих површина (до 1km<sup>2</sup>), подаци о интензитету падавина кратког трајања различитих вероватноћа појаве, ИТП криве, представљају основу за све даље анализе. Подаци о просторном распореду падавинских станица у околини експерименталне деонице пута су приказане на Слици 2-17.



Слика 2-17: Локације падавинских станица из мреже РХМЗ-а

За потребе овог истраживања подаци о интензитетима киша кратког трајања различитих вероватноћа појаве су преузети из хидрометеоролошких подлога Водопривредне основе Републике Србије [168]. Подаци о падавинама кратког трајања за сваку падавинску станицу из региона експерименталне деонице пута су приказани у Прилогу 2 у табеларном приказу ИТП и ХТП кривих. Просторни распоред падавинских станица у околини експерименталне деонице пута је приказан на Слици 2-17, док су технички подаци о падавинским станицама приказани у Табели 2-3.

*Табела 2-3: Подаци о падавинским станицама*

Редни број:	Станица:	Географске координате:		Надморска висина:
		$\ell$ (°)	$\lambda$ (°)	h (m) [m]
1	Беоце	43,33	20,62	415
2	Гокчаница	43,48	20,72	480
3	Јошаничка Бања	43,38	20,75	555
4	Лопужње	43,1	20,65	940
5	Мелаје	43,12	20,28	980
6	Нови Пазар	43,13	20,52	545
7	Окосе	43,2	20,37	1070
8	Прибој-село	43,4	20,7	430
9	Студеница	43,48	20,53	465
10	Тутин	42,98	20,35	850
11	Ушће-Ибар	43,47	20,63	335
12	Врановина	43,25	20,45	700

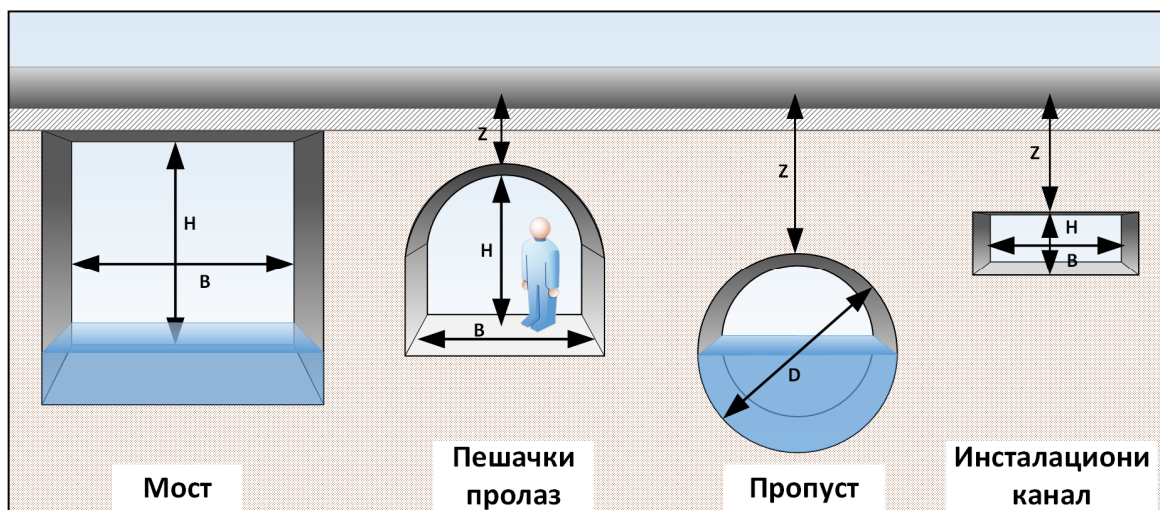
Подаци мерења који су везани за конкретну локацију мерне станице називају се „тачкасти“ подаци мерења и њихова релевантност опада са удаљавањем од мерне станице. Поставља се питање како одредити карактеристичне вредности интензитета рачунских киша за локацију која је удаљена од кишомерне станице. За решавање оваквих проблема користе се методе просторне интерполације, а у оквиру поглавља 3.2 је описана метода IDW помоћу које је су одређене вредности интензитета падавина, за карактеристичне вредности трајања кише и вероватноће појаве, за тежишта 67 сливова за анализиране путне пропусте на експерименталној деоници пута.

## 2.4. Правно-регулаторни подаци

Специфичност изучаваног проблема се огледа у потреби за правно-регулаторним подацима, на основу којих се одређују граничне вредности критеријума за оцену перформанси пропуста, како са аспекта вероватноће изучаване појаве, тако и са аспекта ризика. Правно-регулаторни подаци се преузимају из важећих законских, подзаконских и стручних аката одређене државе. Дефинисање правно-регулаторних података, као посебне групе улазних података модела анализиране појаве, омогућава примену хидролошко-хидрауличког модела у другим државама света, сагласно њиховој правној регулативи.

У зависности од развијености правног и техничког сектора неке државе, правно-регулаторни подаци о објектима укљученим у путну инфраструктуру, у које се убрајају и путни пропуси, могу имати различите нивое детаљности. За потребе овог истраживања, од расположивих правно-регулаторних података о путним пропустима три су потребна: технички критеријум разграничења путних пропуста од других објеката у телу пута, примарни технички критеријум за дефинисање пропусне моћи путног пропуста и експлоатациони век анализираног објекта.

Први правно-регулаторни податак се одређује из стручне дефиниције путног пропуста у одређеној држави. Из дефиниције објекта путног пропуста може се одредити један или више критеријума разграничења објеката путних пропуста од других објеката на траси пута или у телу путне конструкције (мостови, пешачки пролази, инсталациони канали и др.).



Слика 2-18: Шематски приказ могућих критеријума разграничења пропуста

Најчешћи критеријум разграничења је ширина путног пропуста, према којој се плочасти пропусти одвајају од мостова [29]. У неким државама са веома детаљним стручним правилницима за пројектовање путних пропуста [5–7,22] могу се наћи и други критеријуми, као што су: висина пропуста, површина светлог отвора, дебљина надслоја од горње ивице пропуста до завршне коте коловозне конструкције и сл.

Други правно-регулаторни податак је примарни технички критеријум за дефинисање пропусне моћи путног пропуста. На основу овог критеријума пројектанти димензионишу пропуст као примарно хидраулички објекат, односно као објекат који треба да спроведе површински ток воде кроз тело саобраћајнице. Критеријум за хидрауличко димензионисање пропусне моћи путног пропуста се дефинише као екстремни догађај, екстремно велики отицај са узводног слива, који путни пропуст мора да пропусти у новоизграђеном стању [46]. Овај критеријум се најчешће у правилницима за пројектовање путних пропуста изражава као велика вода одређеног периода појаве или одређене вероватноће појаве. Под појавом велике воде подразумева се појава рачунске кише одређене вероватноће појаве (или повратног периода у годинама), одређене са ИТП кривих падавина, која ће формирати хидрограм отицаја са узводног слива који путни пропуст мора да пропусти у новоизграђеном стању.

У великом броју држава вредност овог критеријума се мења према разреду или категорији саобраћајнице [42]. Наведена подела има смисла, јер је логично путеве највишег разреда, на којима се остварују највеће брзине кретања возила, обезбедити најстрожим захтевима у погледу пропуштања воде испод саобраћајнице, услед чега се за ове путеве прописују највећи повратни периоди екстремних догађаја. Са друге стране, код путева нижих разреда се захтевају знатно нижи критеријуми у погледу повратног периода великих вода које треба пропусти испод саобраћајнице.

Трећи податак из групе правно-регулаторних података дефинише експлоатациони век анализираног објекта. Овај податак се може наћи у стручној литератури (правилницима за пројектовање и техничким стандардима) или у пројектној документацији анализираних саобраћајница. У случајевима када није дефинисана вредност овог податка он се може усвојити у односу на експлоатациони период саобраћајнице. Податак о експлоатационом веку путног пропуста је потребан за примену пробабилистичког модела процене ризика.

Наведени правно-регулаторни подаци, који се одређују из важећих законских, подзаконских и стручних аката одређене државе, представљају основу за дефинисање сигурносних критеријума на основу којих се врши одређивање граничних вредности прихватљивог ризика. Са друге стране, веома је тешко дати јасну одредницу за преузимање ових података, обзиром да се и законодавни системи и нивои детаљности техничких прописа из изучаване области значајно разликују од једне до друге државе света.

Експериментална деоница пута се налази на територији Републике Србије тако да ће одређивање правно-регулаторних података бити приказано за законодавни систем Републике Србије уз напомену да се код других држава одређивање ових података може значајно разликовати од приказаног примера. Без обзира на државу, одређивање ових података захтева детаљно проучавање закона и прописа из области грађења и одржавања саобраћајница.

Закон о планирању и изградњи Републике Србије [169] класификује путне пропусте као инжењерске објекте, али Правилник о класификацији објеката [170] не дефинише посебну класификациону ознаку за ове објекте већ им се додељује класификациона ознака саобраћајнице чији су саставни део. Закон о путевима Републике Србије [171] прецизније дефинише путне пропусте у оквиру Члана 2, става 1, под тачком 28:

„ 28) **путни објекат** је грађевински објекат који је саставни део пута: мост, подвожњак, надвожњак, вијадукт, **пропуст**, тунел, галерија, потпорни зид, обложни зид и сл."

Као што је наведено, Закон о путевима дефинише путни пропуст као путни објекат који је саставни део пута, али не наводи техничке критеријуме разграничења. Приручник за пројектовање путева у Републици Србији [172], у оквиру секције 10.3 Пројектовање пропуста, дефинише пропусте према техничком критеријуму као инжењерске објекте распона до 5,00 m за пропуштање потока, канала и мелорационих јарака кроз труп пута. Први правно-регулаторни податак је распон до максимално 5,00 m, на основу кога се врши разграничење између пропуста и мостова.

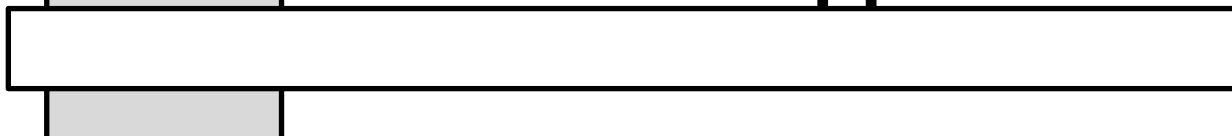
Закон о путевима [171] класификује експерименталну деоницу пута као Државни пут II реда, за који је према Приручнику за пројектовање путева у Републици Србији, у оквиру секције 2.2 Хидролошке анализе [173], дефинисана меродавна велика вода повратног периода  $T_p = 50$  год.. Податак о повратном периоду од 50 година за меродавну велику воду коју путни пропуст мора пропустити испод саобраћајнице представља други правно-регулаторни податак.

Правилник о условима које са аспекта безбедности саобраћаја морају да испуњавају путни објекти и други елементи јавног пута [174], у оквиру прилога 1, под ставком 6.2.1 Плански период, дефинише експлоатациони период од 30 година за хидротехничке објекте у оквиру путне инфраструктуре, што представља трећи правно-регулаторни податак.

ПОГЛАВЉЕ

**3.**

**Методе**





**Р**ешавање изучаваног проблема, одређивања ризика од појаве преливања воде преко саобраћајнице у профилу путног пропуста на бујичном сливу, базира се на концептуалном приступу којим се моделовањем појединих процеса врши моделовање анализираних појава. Наведени приступ подразумева формирање више математичких модела појединачних процеса, од којих се сваки базира на одређеној методи прорачуна. Сви модели физичких процеса који учествују у формирању анализираних појава су обједињени у јединствен хидролошко-хидраулички модел, који је детаљно описан у оквиру поглавља 4.1 овог рада. Модел процене ризика од анализираних појава, описан у поглављу 4.2, се базира на резултатима примене хидролошко-хидрауличног модела анализираних појава.

Процена могућности и ограничења одређеног модела захтева познавање метода на којима наведени модел почива [53]. Сагледавање метода на којима неки модел почива одређује област адекватне примене, или домен модела, као и могуће правце унапређења анализираних модела. У оквиру овог поглавља биће извршен детаљан приказ свих метода, којима се моделују процеси анализираних појава и на којима почива хидролошко-хидраулички модел.

Комплексност изучаване појаве преливања воде преко саобраћајнице у профилу путног пропуста на бујичном сливу захтева примену већег броја метода. Систематичним приказом, у Табели 3-1 је дат списак метода на којима се базира хидролошко-хидраулички модел, које су груписане према доминантној намени у оквиру хидролошко-хидрауличног модела.

Табела 3-1: Методе хидролошко-хидрауличног модела

Редни број:	Назив методе:	Примена:
1.	D8 (Deterministic 8)	Припрема података
2.	Strahle order	
3.	D infinity ( $D_{\infty}$ )	
4.	Volume between surfaces (VBS)	
5.	SCS синтетички јединични хидрограм	Хидролошки модел
6.	SCS-CN	
7.	Итеративни поступак	
8.	Регресиона анализа	
9.	IDW	
10.	HY-8	Хидраулички модел
11.	Еквивалентна вредност Manning-овог коефицијента хрпавости (метод Yen-a)	
12.	Трансформација хидрограма отицаја у акумулацији	

Све методе које су коришћене у овом истраживању систематично су подељене према доминантној намени у три групе. Група метода „Припрема података“ обухвата методе које врше обраду и примарне анализе улазних података и припремају их за даљу примену у оквиру хидролошког или хидрауличног модела. Групе метода „Хидролошки модел“ и „Хидраулички модел“ обухватају методе које се доминантно баве моделовањем хидролошких процеса, односно хидрауличких процеса у оквиру анализираних појава.

У наставку овог поглавља ће бити извршен детаљан приказ функционисања сваке од наведених метода хидролошко-хидрауличног модела. Наредна потпоглавља групишу методе према претходно описаној систематизацији.

### 3.1. Методе за припрему података

За потребе припреме података за даље анализе у оквиру хидролошког и хидрауличког модела коришћено је више метода које као један од улазних података користе и дигитални модел терена (ДМТ). Дефиниција, као и принципи израде и примене дигиталног модела терена су описани у оквиру поглавља број 2.2 овог рада.

#### *Метода: D8 (Deterministic 8)*

За одређивање улазних података хидролошких модела веома је битно одредити сливну површину за дефинисани излазни профил. Сливна површина или хидролошки слив представља површину терена са које се површински отицај скупља у једну тачку, односно излазни профил слива [75]. Граница која раздваја два хидролошка слива назива се вододелница и на основу ње се одређује у који ће водоток доспети површински отицај настао услед кишних падавина [10].

Први корак приликом дефинисања сливне површине је одређивање праваца отицаја са површине терена. На основу праваца отицаја са површине терене могуће је одредити положај површинских токова. Метода D8 је у оквиру овог истраживања коришћена за одређивање праваца површинских токова. Место пресека површинског тока и осовине саобраћајнице, у коме се налази путни пропуст, представља излазни профил хидролошког слива.

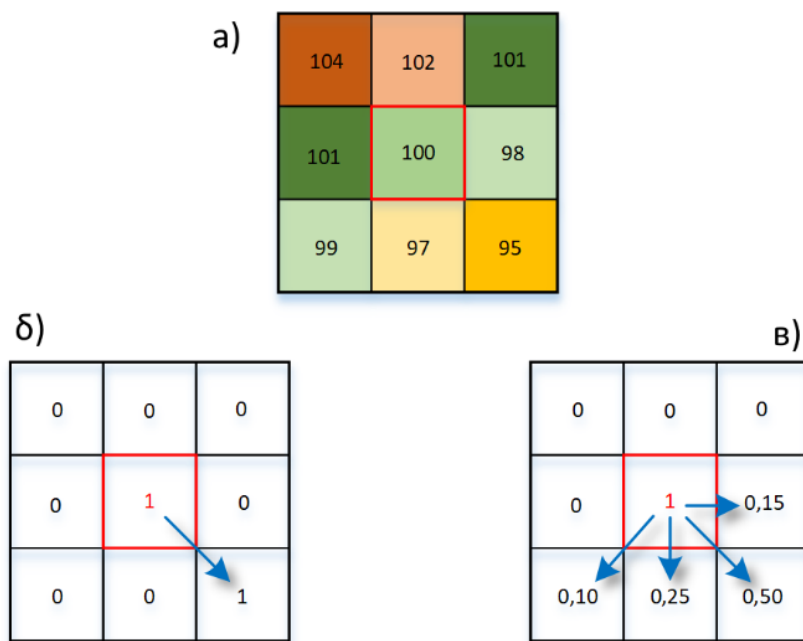
Као улазни податак за ову анализу користи се дигитални модел терена у растерском облику, који репрезентује стварну површину терена у дигиталном облику помоћу квадрата или пиксела (енг. pixel) одређених димензија, где сваки пиксел поседује податак о висинској коти терена који репрезентује. За одређивање сливних површина и површинских токова потребно је одредити правце отицаја за сваки квадрат, односно пиксел, дигиталног модела терена.

Методe одређивања праваца површинског отицаја (енг. Surface flow direction) се, у односу на основну претпоставку на којој почивају, деле у две групе: методе једносмерног или доминантног правца отицаја (енг. Single Flow Direction - SFD) и методе вишесмерних или расподељених праваца отицаја (енг. Multiple Flow Directions – MFD). Разлика између наведене две групе метода одређивања праваца површинског отицаја се базира на разлици у основној претпоставци о кретању површинског отицаја са сваког појединачног пиксела дигиталног модела терена.

Основна претпоставка групе метода једносмерног или доминантног правца отицаја претпоставља да ће сав површински отицај са површине анализираниог пиксела отећи у правцу највећег пада терена, који се одређује помоћу висинских кота околних пиксела који окружују анализирани пиксел. Са друге стране, методе вишесмерних или расподељених правца отицаја се базирају на претпоставци да

ће отицај са анализираниог пискела отећи у више праваца према свим околним пикселима који имају ниже висинске коте [76,77].

На следећој слици су приказане разлике између наведене две гупе метода одређивања праваца површинског отицаја:



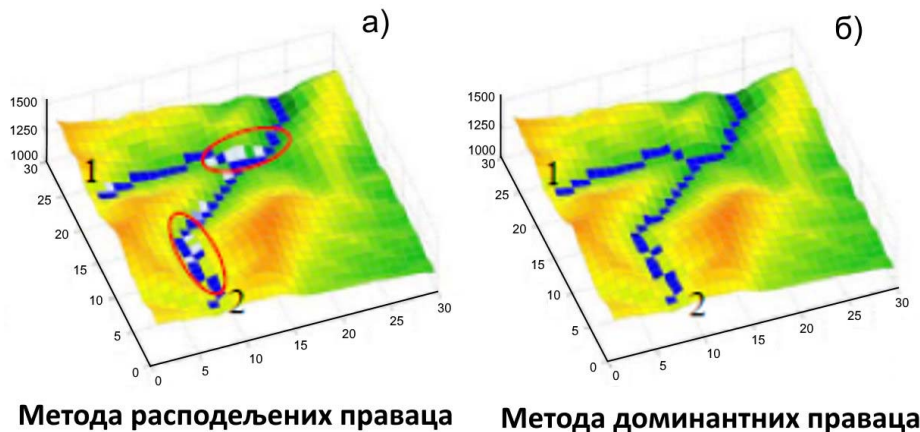
Слика 3-1: а) Дигитални модел терена и одређивање праваца површинског отицаја применом б) метода доминантног правца и в) метода расподељених праваца

За централни пиксел дигиталног модела терена, уоквирен црвеним рамом на Слици 3-1 под а), методе доминантног правца одређују само један правац површинског отицаја и претпостављају да се све површинске воде крећу у том правцу, Слика 3-1 под б). Са друге стране, методе расподељених праваца претпостављају да се површински отицај са централног пиксела дигиталног модела терена расподељује на све околне пикселе који имају ниже висинске коте услед чега се јавља више праваца површинског отицаја, Слика 3-1 под в). У зависности од функције према којој се врши расподела отицаја постоји више метода расподељених праваца површинског отицаја [78,79].

У савременој научној литератури се може нећи више научних радова који анализирају резултате примене различитих метода одређивања површинског отицаја са дигиталног модела терена [80–82]. Као генерални закључак у оквиру више научних радова даје се препорука да за одређивање положаја површинских токова на сливу методе доминантног правца отицаја дају значајно боље

результате, док су методе расподељених праваца отицаја много ефикасније приликом одређивања границе слива [82].

На Слици 3-2 су приказане разлике у одређивању положаја површинских токова на сливу:



*Слика 3-2: Разлике приликом одређивања положаја површинских токова применом: а) метода расподељених праваца и б) метода доминантних праваца, из рада Li и остали [82]*

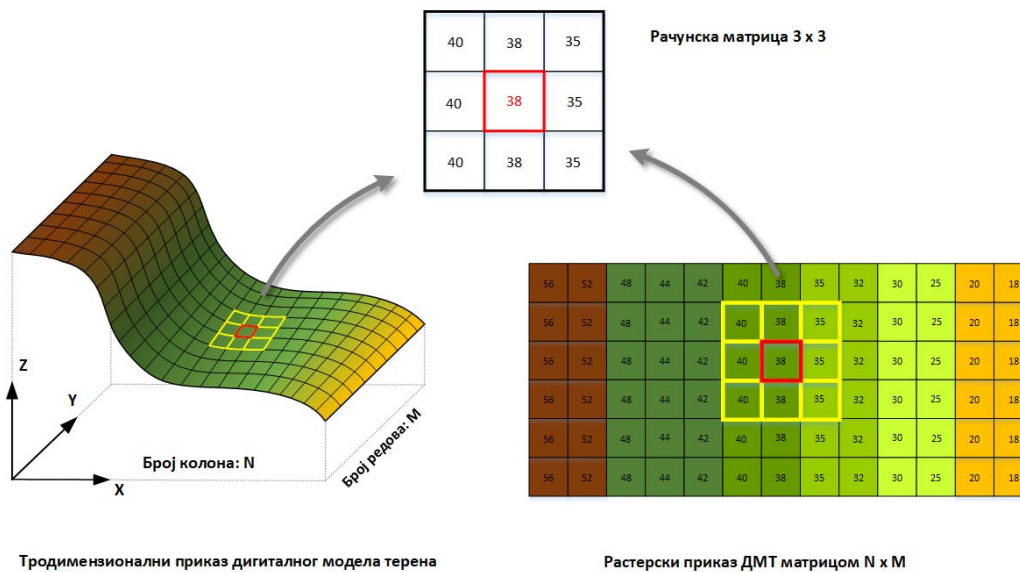
Методе расподељених праваца отицаја не описују са задовољавајућом тачношћу просторни положај површинских токова на сливу, делови тока заокружени црвеном бојом на Слици 3-2 под а). Разлог ове појаве налази се управо у основној претпоставци ове методе, а то је да се површински отицај са неке површи (или пиксела ДМТ-а) расподељује према некој функцији на све околне ниже површи (или пикселе ДТМ-а). Наведена претпоставка дефинитивно важи у вишим деловима слива, односно на деловима слива на којима нема формираних површинских токова, управо зато методе расподељених праваца дају боље резултате у одређивању границе слива. Али када се на сливу формира површински ток, а нарочито када се анализира дубоко усечено корито бујичног водотока, јасно је да основна претпоставка ове групе метода не важи, јер је доминантан правац отицаја већ природно формиран.

Управо из претходно наведеног разлога, за потребе овог истраживања, које је у хидролошком смислу фокусирано на одређивање отицаја са бујичних сливова, правци отицаја са дигиталног модела терена су одређивани на основу најчешће примењиване методе доминантног правца, методе D8 или Deterministic 8 како се још у стручној литератури назива.

Основе ове методе поставили су O'Callaghan и Mark [83] у научном раду који се бавио одређивањем површинских токова на основу дигиталног модела терена. База ове методе се заснива на претпоставци да доминантни правац отицаја са неке анализираних јединичне површине ДМТ-а, или пиксела ДМТ-а, зависи

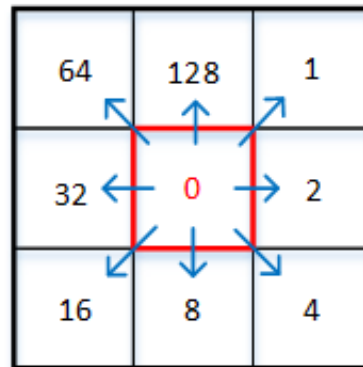
искључиво од висинских кота осам околних површина или пиксела ДТМ-а. Због наведене претпоставке, други истраживачи су ову методу назвали D8 или Deterministic 8.

У свом научном раду O'Callaghan и Mark [83] наводе да је основа свих прорачуна, па и одређивања праваца отицаја, рачунска матрица 3x3, која преузима вредности висинских кота са дигиталног модела терена за анализирану јединичну површину ДТМ-а (за анализирани пиксел) и за 8 јединичних површина које га окружују. На Слици 3-3 је приказано преузимање висинских кота са дигиталног модела терена, применом рачунске матрице.



Слика 3-3: Рачунска матрица 3 x 3 и преузимање висинских кота са ДМТ-а

Прорачун праваца површинског отицаја применом методе D8 се заснива на одређивању доминантног правца отицаја, који представља правац са највећим падом терена у односу на анализирану јединичну површину ДТМ-а (црвено уоквирена ћелија на Слици 3-3). Могући правци отицаја одговарају географском обележавају страна света: северисток, исток, југоисток, југ, југозапад, запад, северозапад и север, и у неким радовима се тако и обележавају. За потребе извођења једначина за прорачуне могући правци отицаја се обележавају бројевима, који према конвенцији предложеној у научном раду Jenson и Dominique [84] представљају степене броја 2, као на Слици 3-4.



Слика 3-4: Обележавање праваца могућих отицаја

Метод D8 одређује доминантни правац отицаја са анализираних јединичних површина ДТМ-а као правац који има највећи пад. Рачунска матрица 3 x 3 за анализирану  $(i, j)$  ћелију ДМТ-а где је:  $i \in (1, N) \wedge j \in (1, M)$ , која је преузела висинске коте из матрице ДМТ-а  $N \times M$  (Слика 3-3), приказана је на Слици 3-5:

$$RM_{i,j} = \begin{bmatrix} Z_{64} = 41,7 & Z_{128} = 41,2 & Z_1 = 41,0 \\ Z_{32} = 41,1 & Z_0 = 40,0 & Z_2 = 40,8 \\ Z_{16} = 39,8 & Z_8 = 39,0 & Z_4 = 38,4 \end{bmatrix}$$

Слика 3-5: Рачунска матрица 3 x 3 са висинским котама

На основу висинских кота из рачунске матрице формира се матрица падова, за сваки од претходно наведених осам могућих праваца отицаја према једначини (3-1):

$$I_k = \frac{Z_0 - Z_k}{L_k}, \quad k = 2^n, \quad n = 0, 1, 2, \dots, 7 \quad (3-1)$$

где је:

$I_k$  – пад или нагиб терена за сваки од осам могућих праваца отицаја [ / ];

$Z_0$  – висинска кота централне ћелије рачунске матрице за коју се одређује доминантни правац отицаја [m.n.m];

$Z_k$  – висинске коте околних осам ћелија које окружују централну ћелију [m.n.m];

$k$  – бројач чијим вредностима је извршено нумеричко обележавање сваког од осам могућих праваца отицаја, вредности бројача су усвојене као степене вредности броја 2 [ / ] за степене од 0 до 8;

$L_k$  – растојање између центара рачунских ћелија, односно центара пиксела ДМТ-а, за сваки од осам могућих праваца отицаја, које се одређује према једначини (3-2):

$$L_k = \begin{cases} D & \Leftrightarrow k = 2, 8, 32, 128 \\ D\sqrt{2} & \Leftrightarrow k = 1, 4, 16, 64 \end{cases} \quad (3-2)$$

у којој:

$D$  – представља димензију пиксела ДМТ-а, односно резолуцију ДТМ-а [m]. Једначина (3-2) прави јасну разлику између ортогоналних праваца отицаја ( $k = 2, 4, 6$  и  $8$ ) и дијагоналних праваца отицај ( $k = 1, 3, 5,$  и  $7$ ) који су дужи  $\sqrt{2}$  пута у односу на ортогоналне правце отицаја.

Резултат примене претходно наведених једначина на рачунској матрици  $3 \times 3$  за анализирану  $(i, j)$  ћелију ДМТ-а јесте рачунска матрица падова ( $RMP_{i,j}$ ), приказана на Слици 3-6 за висинске коте са примера рачунске матрице:

$$RMP_{i,j} = \begin{bmatrix} I_{64} = -0,040 & I_{128} = -0,04 & I_1 = -0,024 \\ I_{32} = -0,037 & I_0 = 0,00 & I_2 = -0,027 \\ I_{16} = 0,005 & I_8 = 0,033 & I_4 = 0,038 \end{bmatrix}$$

Слика 3-6: Рачунска матрица падова

На основу рачунске матрице падова за анализирану  $(i, j)$  ћелију ДМТ-а одређен је правац површинског отицаја ( $PPO_{i,j}$ ) као вредност највећег пада из рачунске матрице падова, из које се преузима само бројчана вредност индекса правца највећег пада, према једначини (3-3):

$$PPO_{i,j} = index(\max(RMP_{i,j})) \quad (3-3)$$

За овде приказани пример рачунске матрице, вредност правца површинског отицаја би износила:  $PPO_{i,j} = 4$ , јер правац  $I_4$  има највећу вредност пада у рачунској матрици падова.

Сви рачунарски алгоритми прорачуна праваца површинског отицаја, као и велики број других анализа, које своје прорачуне обављају на основу растерског формата дигиталног модела терена са квадратним ћелијама, базирају се на принципу **покретног рама** или **покретног прозора** (енг. Moving Frame или Moving Window). Према овом принципу, покретни рам представља рачунску матрицу  $3 \times 3$  која из матрице ДМТ-а преузима висинске коте за анализирану ћелију  $(i, j)$  и осам околних ћелија. Након обављеног прорачуна резултати се уписују у ћелију  $(i, j)$  новоформиране матрице резултата прорачуна, а покретни рам се помера на наредну ћелију ДМТ-а и узима податке потребне за прорачуне. Принцип покретног рама је развијен из идеје рачунске матрице [83], и он заправо представља рачунску матрицу која се креће дуж матрице ДМТ-а.





Слика 3-7: Принцип покретног рама

Применом принципа покретног рама за потребе одређивања праваца површинског отицаја са ДМТ-а на основу D8 методе, као резултат прорачуна добија се матрица са нумеричким вредностима које означавају правац отицаја за сваку ћелију ДМТ [85], према конвенцији приказаној на Слици 3-4. Ради боље визуелизације добијени резултати се могу приказати и помоћу стрелица које приказују правце површинског отицаја, као што је приказано на Слици 3-8.



Слика 3-8: Нумерички и графички приказ одређивања праваца отицаја

Метода D8 је поставила основе за развој више алгоритама за акумулацију површинског отицаја са слива (енг. Flow accumulation algorithm) на основу којих се одређују положаји површинских токова на сливу. Основна идеја методе D8 је у томе да се за сваку ћелију ДМТ одреди број узводних ћелија са којих се површински отицај слива до те ћелије [86], а да се правци површинских токова на сливу одређују као ћелије ДМТ-а које имају вредност акумулираног отицаја већу од неке задате граничне вредности.

Као резултат примене методе D8 добија се матрица акумулације површинског отицаја у којој бројчана вредност унета у ћелију матрице представља број ћелија са којих се површински отицај слива до анализирание ћелије. На Слици 3-9 приказана је матрица праваца површинског отицаја, матрица акумулације површинског отицаја са нумеричким вредностима, као и графички приказ површинског тока за граничну вредност акумулираног отицаја за  $\geq 18$  ћелија, односно пиксела ДМТ.



Слика 3-9: Одређивање површинских токова на основу матрице праваца отицаја и матрице акумулације отицаја

Са матрице акумулације површинског отицаја се може одредити колико износи површина слива за сваку ћелију матрице, односно за ваки пиксел ДМТ-а, према једначини:

$$F_{i,j} = (n_{i,j} + 1) * (D * D) \quad [m^2] \quad (3-4)$$

где је:

$F_{i,j}$  – површина слива до ћелије  $(i, j)$  у  $[m^2]$ ,

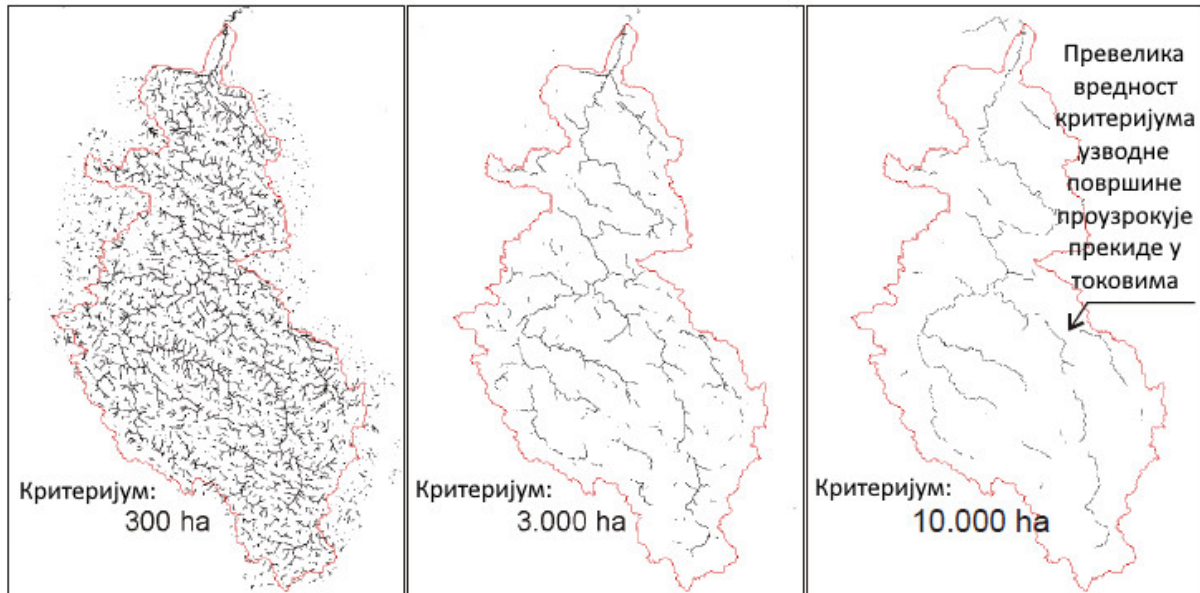
$(n_{i,j} + 1)$  – број узводних ћелија са анализираним ћелијом  $[/]$ ,

$D$  – дужина странице квадратног пиксела ДМТ-а  $[m]$ ,  $(D * D)$  – површина пиксела ДМТ-а у  $[m^2]$ .

Према једначини (3-4) могуће је одредити сливну површину до анализирание тачке, али није могуће одредити границу слива. Сличан проблем се јавља и са површинским токовима, где на основу матрице акумулације површинског отицаја знамо број узводних ћелија са којих се површински отицај скупља у анализирану ћелију, али не знамо када долази до формирања површинских токова. Увођењем граничне вредности (енг. Threshold) површине узводног слива, или броја писела ДМТ-а, потребне за формирање површинског тока долази се до решења претходног проблема. За усвајање ове граничне вредности постоји велики број препорука [86], јер она зависи како од резолуције ДМТ, тако и од врсте проблема

који се анализира. Промена ове граничне вредности веома много утиче на одређивање површинских токова на ДМТ-а, као што је приказано на Слици 3-10:

**Површински токови на основу ДМТ и критеријума узводне површине - Слив реке Дрине**



**Слика 3-10: Утицај граничне вредности узводне површине слива на одређивање површинских токова на примеру слива реке Дрине [86]**

Слика 3-10 приказује и утицај квалитета ДМТ-а на резултате прорачуна, јер са повећавањем граничне вредности површине узводног слива потребне за формирање површинских токова долази не само до смањивања броја површинских токова већ и прекидања веза између у природи повезаних токова. Применом методе D8 на основу дигиталног модела терена одређени су сви потенцијани положаји површинских токова на неком терену.

*Метод: Strahle order*

Метода **Strahle order** врши рангирање праваца површинских токова, на основу које се одређују положаји површинских токова на сливу. Применом методе D8 са алгоритмом за акумулацију површинског отицаја на основу задате граничне вредности врши се одређивање свих ћелија ДМТ-а, или пиксела, који представљају потенцијалне правце површинских токова на анализираном терену. За потребе даљих прорачуна, овако одређени подаци се пребацују у матрицу положаја површинских токова. Матрица положаја површинских токова у себи садржи само информацију о томе да ли нека ћелија ДМТ представља површински ток или не, према једначини (3-5).

$$MPPT_{i,j} = \begin{cases} 0 & \Leftrightarrow MAO_{i,j} < GV \\ 1 & \Leftrightarrow MAO_{i,j} \geq GV \end{cases}, \quad i = 1, \dots, N, \quad j = 1, \dots, M \quad (3-5)$$

где је:

$MPPT_{i,j}$  – ћелија матрице положаја површинских токова са координатама  $i, j$ ,

$MAO_{i,j}$  – вредност ћелије  $i, j$  матрице акумулације отицаја,

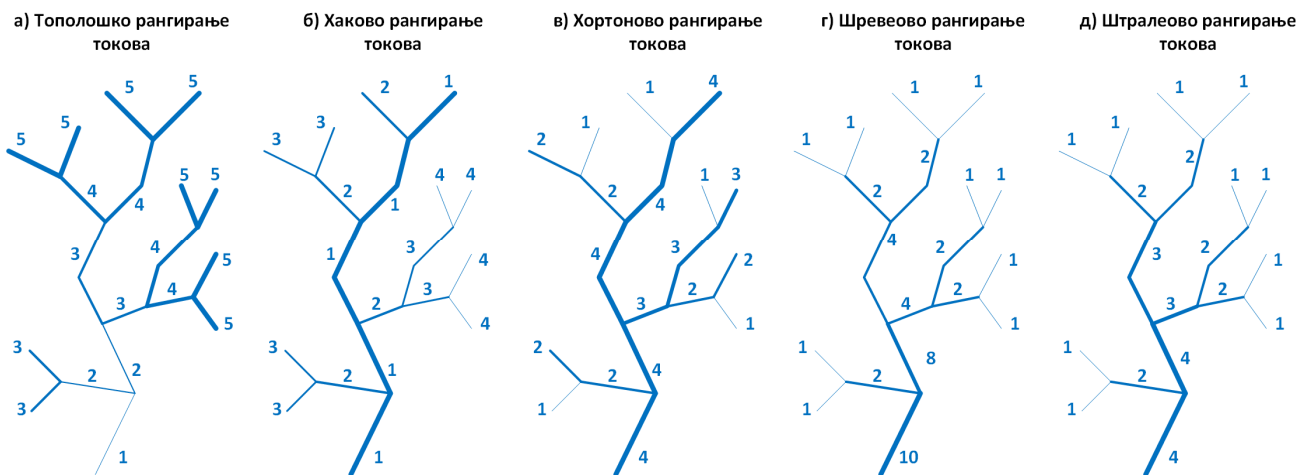
$GV$  – гранична вредност за формирање површинског отицаја изражена у броју узводних ћелија које се сливају у анализирану ћелију матрице акумулације отицаја. Резултат примене једначине (3-5) на матрицу акумулације површинских токова је матрица положаја површинских токова, која поседује само информацију да ли нека ћелија представља површински ток, односно поседује вредност 1, или не представља површински ток, односно има вредност 0. Слика 3-11 приказује нумерички облик матрице положаја површинских токова, као и графички приказ положаја површинских токова.



Слика 3-11: Нумерички и графички приказ положаја површинских токова

Да би се из матрице положаја површинских токова, која обухвата све потенцијалне правце формирања површинских токова, одредили стварни површински токови на неком терену потребно је применити неку од метода класификације (рангирања) површинских токова. Класификација површинских токова даје информације о томе који се површински ток улива у који, односно дефинише главни ток и све његове притоке. Класификација површинских токова је нарочито битна за хидролошке анализе, јер се на основу ње врши одређивање притока и подсливова анализираних токова.

Када је су за неки ДМТ одређени правци отицаја и акумулација површинског отицаја на основу којих је одређена матрица положаја површинских токова, класификација (рангирање) површинских токова представља следећи неопходан корак. У стручној литератури се може наћи више метода рангирања површинских токова (од ушћа узводно, од извора низводно или према положају у хидрографској мрежи) [87]. Најчешће примењивани принципи рангирања токова су: класично (или тополошко) рангирање, Хаково рангирање (енг. Hack's stream order), Хортоново рангирање (енг. Horton's stream order), Шревеово рангирање (енг. Shreve's stream order) и Стралеово рангирање (енг. Strahle's stream order). На Слици 3-12 дат је упоредни приказ резултата примене више метода рангирања површинских токова.



Слика 3-12: Упоредни приказ више метода рангирања површинских токова

Класично (или тополошко) рангирање токова се базира на принципу „од ушћа узводно“. Према том принципу главни ток добија ранг 1 све до ушћа прве притоке. После ушћа прве притоке оба водотока добијају ранг 2. Када водоток ранга  $i$  дође до ушћа притоке од њега настају два узводна водотока ранга  $i + 1$ . Процедура иде од ушћа главног тока све до најузводнијих притока.

Тополошко рангирање је развијено од стране географске струке за потребе рангирања водотокова приликом израде географских карата. Тополошко рангирање даје информацију о томе колико је неки водоток удаљен од ушћа главног тока, што је приказано на Слици 3-12 под а).

Хаково рангирање (енг. Hack's stream order) или Гравелијусово рангирање (енг. Gravelius' stream order), како се још назива у стручној литератури, представља приступ „од ушћа узводно“ на основу кога главни ток реке добија ранг 1 и задржава тај ранг све до најузводније гране тока. На ушћу у главни ток свака притока добија ранг који је за један већи од главног тока [88]. По истом принципу се даље рангирају све притоке.

Хаков принцип рангирања даје податак о хијерархији сваке притоке у односу на главни ток и даје информацију о разгранатости хидрографске мреже. Један од највећих недостатака Хаковог рангирања се огледа у томе што се на сваком ушћу мора одредити шта је главни ток а шта је притока. Овај приступ искључује могућност да су два водотока истог ранга на ушћу, односно да нема уливања једног у други водоток већ да два тока формирају нови ток. Пример Хаковог рангирања приказан је на Слици 3-12 под б).

Принцип Хортоновог рангирања (енг. Horton's stream order) водотокова заснива се томе да сваки водоток задржава свој ранг дуж свог тока, од извора до ушћа. Главни ток има највећи ранг и он се одређује као ранг за једна већи од највеће притоке која се улива у главни ток, што одговара принципу „од ушћа узводно“. Рангови свих притока главног тока одређују се на основу броја њихових притока [89].

Хортонов принцип рангирања водотокова даје информацију о разгранатости хидрографске мреже и може се примењивати за одређивање броја подсливова. Као и код Хаковог принципа рангирања остаје проблем одређивања шта је главни ток а шта притока. Приказ примене Хортоновог рангирања приказан је на Слици 3-12 под в).

Шревеово рангирање (енг. Shreve's stream order) водотокова се базира на принципу „од извора низводно“. Сви водотокови на свом почетку имају ранг 1. На сваком ушћу ранг низводног тока представља збир рангова два узводна водотока [90]. Применом ове методе рангирања, ранг неког тока представља број „извора“ или иницијалних токова ранга 1 који се у тај ток уливају.

Принцип Шревеовог рангирања токова има велику примену у хидрауличком моделирању мреже токова, јер даје информацију о броју узводних токова који формирају протицај анализираниог тока. Примена овог рангирања у хидролошким анализама није заживела из разлога појаве веома великих вредности ранга

водотокова, нарочито ако се анализира веће сливно подручје. Рангирање водотокова према Шревеовом принципу приказано је на Слици 3-12 г).

Штралеов принцип рангирања (енг. Strahle's stream order) примењује принцип „од извора ка ушћу“. Сви водотокови после „извора“ имају ранг 1. Ранг водотока низводно од ушћа се повећава за један једино ако оба узводна водотока имају исти ранг. У случају да водотоци имају различите вредности рангова, водоток низводно од ушћа ће имати ранг тока који има већи ранг [91]. Овим правилима Штралеов принцип претпоставља да се ранг токова мења само спајањем два тока истог ранга, чиме је елиминисан проблем одлучивања који од водотокова представља главни ток.

Принцип Штралеовог рангирања токова има веома велику примену у хидрологији, јер је веома погодан за одређивање подсливова, као и хидролошких параметара као што су коефицијент бифуркације, густина хидрографске мреже и слично. На Слици 3-12 под д) је приказан пример рангирања токова примено Штралеовог принципа.

Као што је претходно наведено, Штралеова метода рангирања токова је назаступљенија у хидролошкој пракси, па је и у оквиру овог истраживања за потребе рангирања површинских токова употребљена ова метода. Применом Штралеове методе рангирања, за усвојену граничну вредност минималног ранга потенцијалног правце површинског тока, извршено је одређивање праваца површинских токова на анализираној површини, искључивањем свих потенцијаних праваца површинских токова који имају ранг мањи од граничне вредности. Препоруке за усвајање граничне вредности ранга водотока као и принци примене методе Strahle order могу се наћи у литератури [87].

*Метод: D infinity ( $D^\infty$ )*

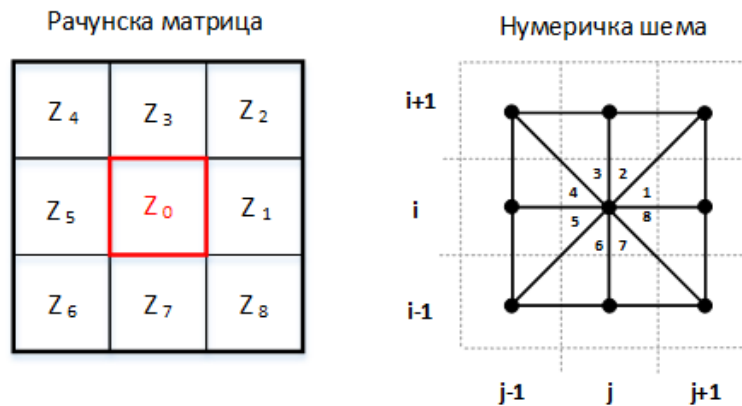
Применом алгоритма акумулације површинског отицаја одређене су ћелије које акумулирају податке о површинском отицају, чија је вредност већа од неке усвојене граничне вредности. Тако одређене ћелије представљају потенцијане правце формирања површинских токова. Рангирањем праваца формирања површинских токова Штралетовом методом рангирања, сваки од праваца формирања површинских токова добија свој ранг. Усвајањем граничне вредности ранга водотока врши се одређивање праваца површинских токова на анализираној површини.

Резултат примене претходно наведених метода представљају правци површинских токова на анализираном ДМТ. За потребе овог истраживања, на месту пресека правца површинског тока и осовине саобраћајнице, у коме се налази путни пропуст, дефинисан је излазни профил хидролошког слива. Следећи корак припреме података за хидролошке анализе јесте одређивање границе слива за задати излазни профил.

За потребе одређивања границе слива на основу задате локације излазног профила слива најчешће се примењује метода у литератури позната под називом *D infinity* или  $D^\infty$  [92]. Назив методе  $D^\infty$  (енг. *D infinity*) произилази из основне идеје аутора методе, Дејвида Тарботона (енг. *David Tarboton*), да површински отицај може имати бесконачно велики број праваца отицаја. Правац површинског отицаја се одређује применом покретног рама или прозора, приказаног на Слици 3-7, са нумерацијом ћелија од смера истока у смеру супротно казаљци на сату са вредностима од 1 до 8. На основу овакве поставке, правац отицаја се одређује као угао (у радијанима или степенима) који је одређен на основу управних и дијагоналних нагиба са осам околних троугаоних површина. Применом методе  $D^\infty$  површински отицаја са централне ћелије рачунске матрице је дефинисан углом отицаја, који може имати бесконачно велики број различитих вредности, одакле и потиче назив методе *D infinity* (срб. *D бесконачно*).

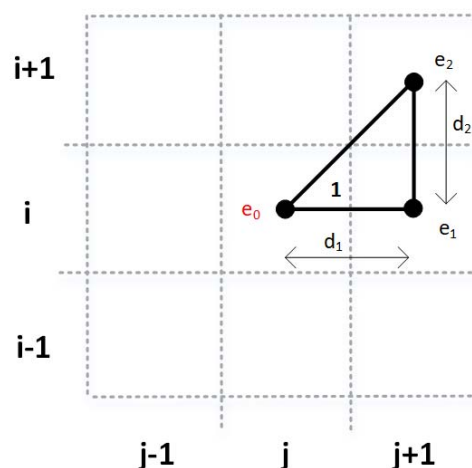


Прорачун се базира на централној нумеричкој шеми (мрежи), која се формира на основу рачунске матрице 3 x 3, и која је приказана на следећој слици:



Слика 3-13: Рачунска матрица и нумеричка шема методе *D infinity*

Метода *D infinity* оставља могућност бесконачног броја праваца површинског отицаја из рачунског чвора  $j, i$ , али се прорачун нагиба обавља за осам троугаоних јединичних површина, које су обележене бројевима на нумеричкој шеми на Слика 3-13. Одређивање нагиба или пада једне троугаоне јединичне површи врши се на основу два вектора нагиба:  $S_1$  и  $S_2$ . Пример одређивања вектора нагиба приказан је на наредној слици, а затим су дате и једначине.



Слика 3-14: Нумеричка шема за одређивање вектора нагиба

$$S_1 = (e_0 - e_1) / d_1 \quad (3-6)$$

$$S_2 = (e_1 - e_2) / d_2 \quad (3-7)$$

где је:

$S_1$  – вектор управног нагиба анализирани јединичне троугаоне површи [ / ],

$S_2$  – вектор дијагоналног нагиба анализирани јединичне троугаоне површи [ / ].

У Табели 3-2 дата је шема усвајања вредности у рачунским чворовима из рачунске матрице за сваку од осам јединичних троугаоних површина, као и коефицијенти за одређивање коначног угла нагиба, који ће се примењивати у једначини (3-11).

*Табела 3-2: Шема усвајања вредности у рачунским чворовима и коефицијенти за одређивање коначног угла нагиба*

Јед. Површ	1	2	3	4	5	6	7	8
$e_0$	$Z_{i,j}$	$Z_{i,j}$	$Z_{i,j}$	$Z_{i,j}$	$Z_{i,j}$	$Z_{i,j}$	$Z_{i,j}$	$Z_{i,j}$
$e_1$	$Z_{i,j+1}$	$Z_{i-1,j}$	$Z_{i-1,j}$	$Z_{i,j-1}$	$Z_{i,j-1}$	$Z_{i+1,j}$	$Z_{i+1,j}$	$Z_{i,j+1}$
$e_2$	$Z_{i-1,j+1}$	$Z_{i-1,j+1}$	$Z_{i-1,j-1}$	$Z_{i-1,j-1}$	$Z_{i+1,j-1}$	$Z_{i+1,j-1}$	$Z_{i+1,j+1}$	$Z_{i+1,j+1}$
$a_c$	0	1	1	2	2	3	3	4
$a_f$	1	-1	1	-1	1	-1	1	-1

Применом шеме приказане у Табели 3-2 врши се одређивање оба вектора нагиба за сваку од осам јединичних троугаоних површина, на основу једначина (3-6) и (3-7). На основу чега се за сваку јединичну троугаону површ одреди правац и интензитет нагиба.

$$r = \tan^{-1}(S_2/S_1) \quad (3-8)$$

$$S = (S_1^2 + S_2^2)^{1/2} \quad (3-9)$$

где је:

$r$  – правац нагиба [grad], а  $S$  – интензитет нагиба анализираних јединичних троугаона површи.

Метода D infinity ( $D_\infty$ ) одређује доминантни правац отицаја, тако што одређује правац максималног нагиба за осам јединичних троугаоних површи, а тек по одређивању коначног правца отицаја врши се расподела отицаја са анализираних ћелија. На основу одређених правца и интензитета нагиба осам јединичних троугаоних површи одређује се доминантни правац отицаја  $r_{max}$  који има вредност правца максималног нагиба  $S_{max}$ .

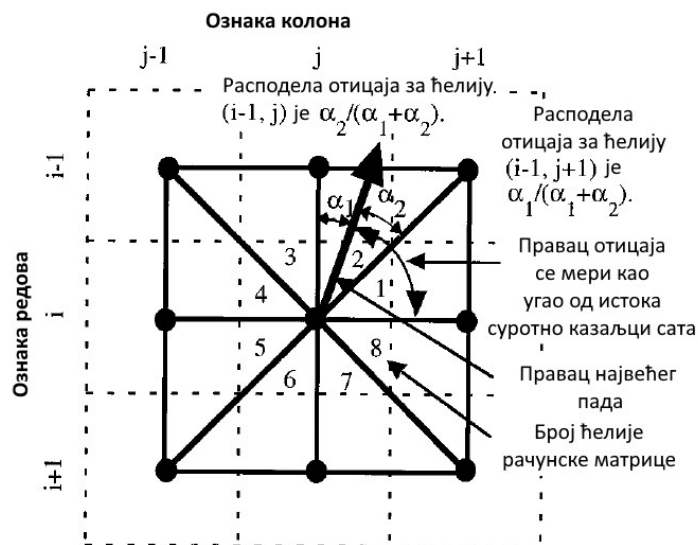
Уколико се доминантни правац налази у границама од 0 до  $G = \tan^{-1}(d_2/d_1)$ , вредности правца и интензитета максималног нагиба остају непромењене. У случају да се вредност правца доминантног нагиба налази ван ових граница, аутор рада, предлаже корекције правца и интензитета пада:

$$\begin{aligned} r < 0 &\rightarrow r_{iz} = 0, & S_{iz} &= S_1 \\ r > G &\rightarrow r_{iz} = \tan^{-1}(d_2/d_1), & S_{iz} &= (e_0 - e_2)/(d_1^2 + d_2^2)^{1/2} \end{aligned} \quad (3-10)$$

Након примене наведених корекција одређује се коначни угао нагиба према једначини (3-11):

$$R = \left( a_f * r_{iz} + a_c * \frac{\pi}{2} \right) * \frac{360}{2\pi} \quad [^\circ] \quad (3-11)$$

На основу коначног угла нагиба одређује се расподела површинског отицаја са анализираним рачунским чвором  $i, j$  према угловима које коначни угао нагиба заклапа са страницама јединичне троугаоне површине. Пример одређивања угла приказан је на Слици 3-15:



Слика 3-15: Пример одређивања угла за расподелу отицаја [92]

За пример приказан на Слици 3-15 метода D infinity претпоставља да ће површински отицај бити подељен према рачунским чворовима  $(i - 1, j + 1)$  и  $(i - 1, j)$ , односно према ћелијама 2 и 3 рачунске матрице. Подела отицаја се заснива на угловима отклоне између угла коначног нагиба и правца према рачунским чворовима. За пример приказан на Слици 3-15 подела отицаја је дата формулама:

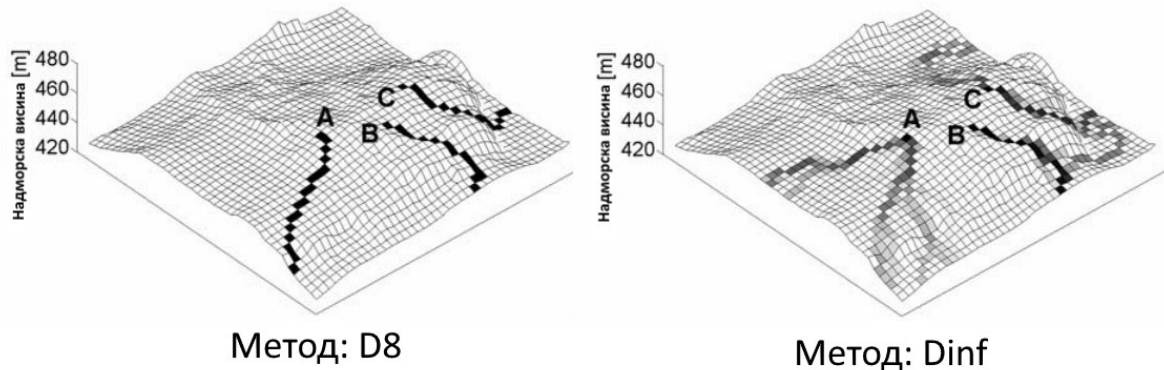
$$\begin{aligned} q_2 &= q_0 * (\alpha_2 / 45^\circ) \\ q_3 &= q_0 * (\alpha_1 / 45^\circ) \end{aligned} \quad (3-12)$$

На основу овде приказане расподеле отицаја, применом принципа покретног рама, формира се матрица акумулације отицаја за све ћелије ДМТ по истом принципу као и код методе D8.

Значај овде приказане методе се огледа у одређивању површине слива, када се на формираној матрици акумулације површинског отицаја примени алгоритам методе D infinity у „узводном“ смеру. За дефинисану локацију излазног профила

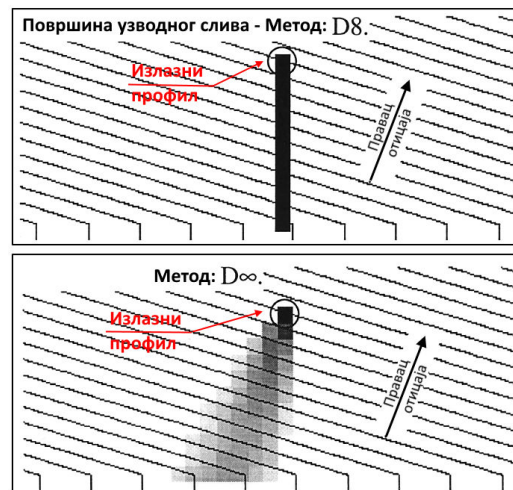
слива алгоритам D infinity врши прорачун уназад и одређује ћелије са којих се површински отицај слио до излазног профила на основу чега одређује све ћелије ДМТ које припадају анализираном сливу.

У оквиру свог истраживања Seibert и McGlynn [79] су између осталог и приказали разлике у одређивању праваца отицаја и акумулације површинског отицаја применом метода D8 и Dinf за део дигиталног модела терена. На Слици 3-16 су приказани делови њихових резултата.



Слика 3-16: Поређење резултата одређивања праваца отицаја и акумулације отицаја за методе D8 и Dinf [79]

У односу на примену алгоритма методе D8 за одређивање површине слива, метода D infinity даје значајно боље резултате. На Слици 3-17 су приказани упоредни примери из научног рада Traboton [92] за одређивање сливова за вештачку површ.



Слика 3-17: Упоредни приказ одређивања сливних површи методама D8 и  $D^\infty$

### Метод: Volume between surfaces (VBS)

Претходно описане методе служе за припрему података за примену хидролошког модела, док метода VBS служи за одређивање веома битног податка за примену хидрауличног модела. Наиме, проблем одређивања максималног пика хидрограма који може проћи кроз одређени путни пропуст без појаве преливања воде преко саобраћајнице захтева примену методе трансформације хидрограма отицаја у акумулацији, која је описана у оквиру метода хидрауличног модела. Примена наведене методе захтева припрему података, односно одређивање максималне запремине акумулиране воде са узводне стране саобраћајнице пре почетка појаве преливања. У оквиру модела трансформације хидрограма отицаја наведена запремина се назива „привремено акумулирана запремина“ (енг. Volume of temporary accumulated water,  $V_{taw}$ ) [4], зато што је пре почетка појаве хидрограма отицаја са слива запремина акумулиране воде једнака нули, а извесно време након престанка отицаја са бујичног слива сва вода из ове запремине отиче кроз путни пропуст. Привремено акумулирана запремина представља најбитнији податак за одређивање коефицијента трансформације пика хидрограма отицаја са узводног слива. На основу вредности максималног протицаја кроз путни пропуст, који се јавља за вредност максималне коте воде са узводне стране пута, тј. максималне вредности привремено акумулиране запремине ( $Z_{max}$ ), и коефицијента трансформације пика хидрограма ( $K_{tr}$ ) одређује се максимална вредност пика хидрограма отицаја са узводног бујичног слива који услед трансформације у акумулацији са узводне стране саобраћајнице може проћи кроз путни пропуст без појаве преливања воде преко саобраћајнице. Математичка формулација проблема одређивања вредности привремено акумулиране запремине би се сводила на решавање троструког интеграла:

$$V_{taw} = \int_{x_{min}}^{x_{max}} \int_{y_{min}}^{y_{max}} \int_{z_{min}}^{z_{max}} (f_{dmt} - f_{z_{max}} - f_{prof}) dx dy dz \quad (3-13)$$

где су:

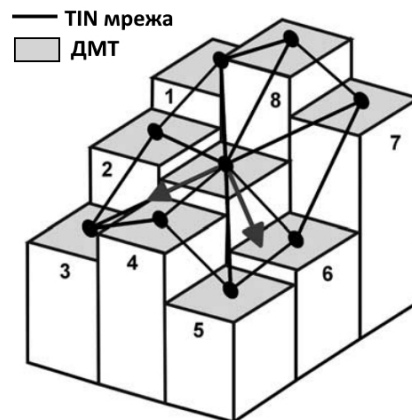
$x_{min}, x_{max}, y_{min}, y_{max}, z_{min}, z_{max}$  – гранични услови за анализирану запремину,  $f_{dmt}, f_{z_{max}}, f_{prof}$  – функције које описују дигитални модел терена, површину воденог огледала привремено акумулиране запремине и површину профила пута управну на правац путног пропуста, респективно.

Функција  $f_{z_{max}}$  се дефинише као функција која има константну вредност  $Z$  –коте, која је одређена као висинска кота завршног слоја коловозне конструкције у профилу путног пропуста. На основу подужног профила пута и података у којој

дужини је пут у насипу у околини путног пропуста одређује се функција  $f_{prof}$ , тј. функција која дефинише излазни профил слива.

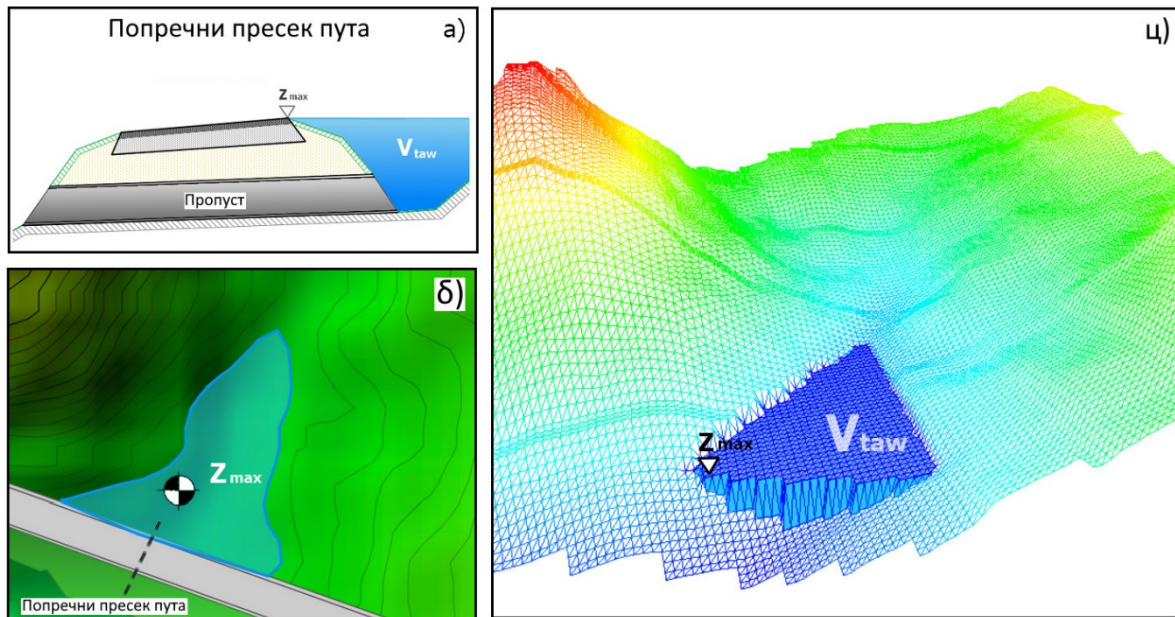
Основни проблем практичне примене једначине (3-13) се огледа у одређивању функције која задовољавајуће добро описује анализирани део дигиталног модела терена за што мањим вредностима експонената у функцији. Наведени процес описивања измерених података математичком функцијом, или процес „фитовања“ података (енг. fitting data to function), представља изазован поступак и када су у питању једноставнији случајеви, за разлику од дигиталног модела терена који за анализирани део може поседовати од неколико десетина података до неколико стотина хиљада података.

Метода VBS даје практично решење описаног проблема, применом прорачуна на основу формиране рачунске мреже неправиних троуглова, или ТИН мреже (енг. Triangulated Irregular Network, TIN). Дигитални модел терена се најчешће формира у растерском формату, односно формира се као мрежа квадратних ћелија (пиксела) које поседују вредности надморских висина површина терена коју представљају. Формирање ТИН мреже на основу ДМТ-а у растерском облику се врши помоћу Delauney-овог алгоритма [93], тако што се претпоставља да вредности висинских кота ДТМ-а одговарају вредностима рачунских чворова који се постављају у центру сваке ћелије, као што је приказано на Слици 3-18:



Слика 3-18: Формирање ТИН рачунске мреже на основу растерског ДМТ-а [79]

Формирање ТИН мреже за потребе одређивања привремено акумулиране запремине за профил једног путног пропуста приказана је на наредној слици.



Слика 3-19: Одређивање привремено акумулине запремине: а) попречни профил пута са пропустом, б) ситуациони пориказ и ц) 3D приказ привремено акумулиране запремине и ДМТ са ТИН мрежом [4]

Као што се са Сlike 3-19 може видети привремено акумулирана запремина се одређује на основу мреже троуглова, ТИН рачунске мреже, тако што метод VBS формира скуп пирамида које су формиране на основу троуглова. Сумирањем запремина свих пирамида одређује се запремина привремено акумулиране запремине.

Закључно са VBS методом, описане су све методе које су потребне за припрему података који ће се користити у оквиру хидролошко-хидрауличког модела.

### 3.2. Методе хидролошког модела

После описа метода које се користе за припрему података, наредне четири методе описују хидролошки модел и методе којима се врше анализе за потребе хидролошког модела анализирани појаве.

Хидролошки модели описују процесе у оквиру хидролошког циклуса са једним циљем: да за задате параметре анализираниог слива и улазне податке модела произведу излазне податке који ће бити што сличнији подацима измереним на стварном сливу. У стручној литератури се може наћи више различитих подела хидролошких модела, али су две поделе најзаступљеније [53]: просторна подела и временска подела хидролошких модела.

Просторном поделом се врши разграничење хидролошких модела у односу на то да ли симулирају цео хидролошки циклус (као затворен процес) или део хидролошког циклуса. Према просторној подели хидролошки модели се деле на: глобалне и локалне. Глобални модели третирају хидролошки циклус као затворен процес и моделирају глобално кретања воде кроз сва три њена агрегатна стања [94].

Локални хидролошки модели описују процесе у једном делу хидролошког циклуса услед чега ови модели имају затворен циклус [95]. Да би затворили хидролошки циклус и применили једначину континуитета потребан им је временски оквир у коме се моделирање врши.

Временска подела дели хидролошке моделе на: континуалне и дискретне [75]. Подела је извршена у односу на то да ли се параметри хидролошког модела (као што су: влажност земљишта, вегетација, евапотранспирација, подземне резерве воде и др.) мењају током времена симулације или не [10]. Континуални хидролошки модели не захтевају почетне услове за хидролошке параметре слива, јер се вредности тих параметара мењају током времена, али зато захтевају припремни период симулације [96]. У оквиру тог периода се формирају вредности претходно наведених хидролошких параметара које су потребне за успешну хидролошку симулацију.

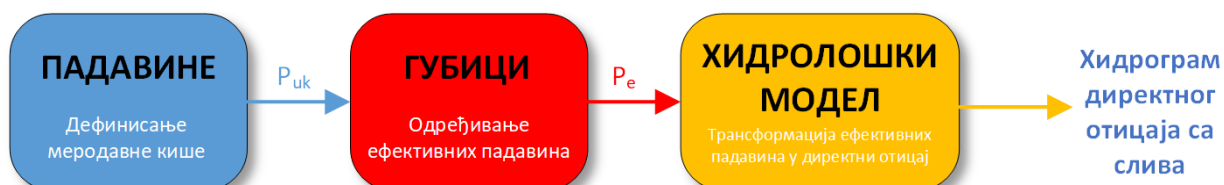
Дискретни хидролошки модели се баве моделирањем изолованих случајева. Из тог разлога ови модели захтевају задате почетне услове свих хидролошких параметара. Моделирање екстремних догађаја се најчешће врши применом дискретних хидролошких модела [69].

За потребе овог истраживања коришћен је локални дискретни хидролошки модел. На основу претходно приказаних подела хидролошких модела извршено је јасно позиционирање хидролошког модела који је коришћен за моделирање отицаја са бујичних планинских сливова. Хидролошки модел локалне просторне оријентације је усвојен из разлога моделирања сливова малих површина на којима се одвија део хидролошког циклуса. За потребе моделирања екстремних појава, односно догађаја мале вероватноће појаве, усвојен је дискретан



хидролошки модел, којим се за задате екстремне вредности улаза модела добијају екстремне вредности излаза.

Основни задатак локалног дискретног хидролошког модела је одређивање хидрограма екстремних вредности отицаја са слива услед екстремних вредности кишних падавина. На Слици 3-20 је дат шематски приказ основних процеса приликом одређивања хидрограма отицаја са слива.



Слика 3-20: Шематизација основних процеса приликом одређивања хидрограма отицаја са слива

Са Сlike 3-20 се види да је за одређивање хидрограма отицаја са слива прво потребно одредити вредности екстремних падавина, односно дефинисати интензитет и трајање меродавне кише. На основу укупних падавина ( $P_{uk}$ ) и примене неке од метода за одређивање губитака воде на сливу одређује се вредност ефективних падавина ( $P_e$ ). Хидролошки модел врши трансформацију ефективних падавина у хидрограм директног отицаја са слива [10].

У оквиру овог рада прво ће бити описан принцип рада хидролошког модела, а затим ће бити описана метода одређивања губитака воде на сливу, на основу које се одређују ефективне падавине. Као трећа метода биће описана метода итеративног поступка на основу које се одређује интензитет и трајање меродавне кише.

Шта је резултат примене хидролошког модела? То је хидрограм директног отицаја са слива. Хидрограм директног отицаја са слива представља функционалну зависност промене вредности директног отицаја ( $Q_D$ ) у току времена [68]. Директни отицај са слива представља збир две компоненте хидролошког циклуса на сливу, површинског отицаја и брзог потповршинског отицаја и о овоме ће бити више речи у оквиру описа наредне методе.

У савременој хидролошкој пракси доминирају три основне методе одређивања хидрограма директног отицаја са слива, и то су: метод кинематског таласа, метод 2D дифузионог таласа и метод јединичног хидрограма.

Метод кинематског таласа представља концептуални хидролошки модел који одређује хидрограм отицаја са слива решавањем енергетске једначине и једначине континуитета (у литератури San-Vennat-ове једначине) увођењем одређених апроксимација [97]. Концепт методе кинематског таласа се примењује за решавање проблема у различитим струкама, али је у оквиру рачунске

хидраулике ова метода дала најзначајније резултате. За примену методе кинематског таласа потребно је дефинисати површине са којих се формира отицај као и мрежу канала за формирање хидрограма отицаја. У оквиру хидролошког моделирања ова метода се најчешће користи за моделирање отицаја са урбаних подручја, иако има радова који се баве и одређивањем хидрограма отицаја за путне пропусте [98].

Метод дифузионог таласа представља просторно расподељени модел који за задату рачунску мрежу, којом репрезентује анализирани терен, одређује отицај са слива применом моментне једначине и једначине континуитета [99]. Обзиром да се ради о просторно расподељеном моделу он захтева задавање улазних параметара за сваку ћелију рачунске мреже, али исто тако омогућава и просторну визуелизацију промене излазних величина. Просторно расподељени модели се у хидрологији примењују за моделовање сливова са изразито великим физичким варијацијама који захтевају дефинисање просторне расподеле улазних параметара.

*Метод: SCS синтетичког јединичног хидрограма*

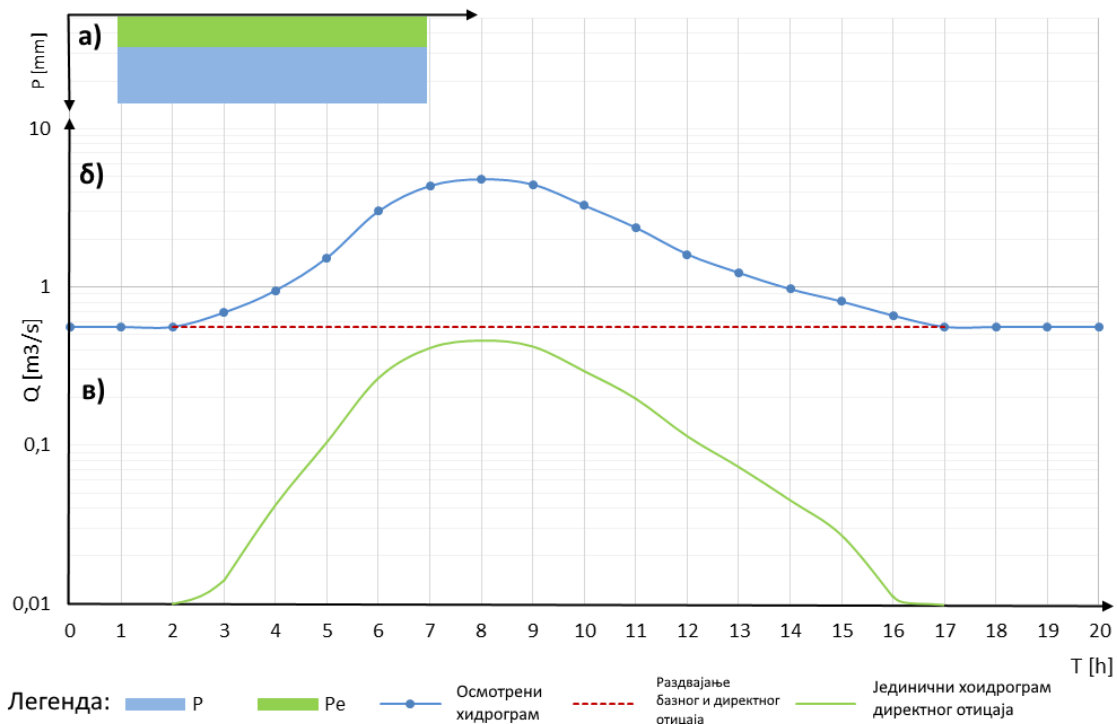
У хидролошкој пракси је најзаступљенији метод јединичног хидрограма. Основни принцип јединичног хидрограма поставио је Лирој Шерман (енг. Leroy K. Sherman) [100], а то је да се за сваки слив може одредити хидрограм директног отицаја од јединичне ефективне кише одређеног трајања, који је карактеристичан за анализирани слив. Основна предност наведеног принципа се огледа у могућности скалирања вредности протицаја хидрограма у зависности од висине ефективне кише. На основу наведене идеје, Шнајдер (енг. Snyder) даје дефиницију јединичног хидрограма: „Јединични хидрограм представља хидрограм директног отицаја са слива услед кише висине 1mm, константног интензитета, која је униформно расподељена на сливу" [101].

Претпоставке на којима се базира метода јединичног хидрограма су:

- Ефективне падавине су просторно униформно расподељене по читавој површини слива и имају константан интензитет током трајања кише.
- Ефективне кише једнаких трајања формирају хидрограме директног отицаја са истом временском базом, без обзира на интензитет пале кише.
- Облик хидрограма директног отицаја не зависи од претходних падавина, претходне падавине на сливу се уносе као почетни услов преко повећања претходне влажности земљишта.
- Ординате хидрограма директног отицаја услед ефективне кише дефинисаног трајања директно су пропорционалне висини пале кише, односно дупло већа киша даће дупло већу вредност пика хидрограма отицаја.

У хидролошкој пракси се различују два основна случаја примене принципа јединичног хидрограма, и у зависности од тога да постоје подаци мерења падавина и отицаја на неком сливу или не, разликујемо: осмотрени јединични хидрограм и синтетички јединични хидрограм [75].

Осмотрени јединични хидрограм се формира за слив на коме постоје подаци мерења падавина и хидрограм отицаја на излазном профилу слива. На основу осмотрене кише одређеног трајања и осмотреног хидрограма отицаја са слива формира се јединични хидрограм директног отицаја са слива за кишу одређеног трајања [10]. Овако формиран јединични хидрограм има примену у одређивању хидрограма отицаја са слива за кише различитих интензитета, али истог трајања. Графикон 3-1 приказује пример одређивања јединичног хидрограма на основу осмотреног хидрограма отицаја са слива и измерених падавина. Принцип одређивања осмотреног јединичног хидрограма једначине биће приказан графички, Графикон 3-1, док ће резултати прорачуна бити приказани табеларно у Табели 3-3.



**Графикон 3-1: Одређивање осмотреног јединичног хидрограма директног отицаја са слива**

Дијаграм а) на Графикону 3-1 приказује висину осмотрених падавина ( $P$ ), која је приказана плавом бојом, као и висину ефективних падавина ( $P_e$ ), која је приказана зеленом бојом. Специфичност приказа са Графикона 3-1 се огледа у томе што дијаграми под б) и в) деле исте осе. За потребе оваквог приказа ординатна оса, оса која приказује вредности протока  $Q [m^3/s]$ , има логаритамску поделу услед чега не долази до преклапања дијаграма.

На Графикону 3-1 под б) приказан је осмотрени хидрограм отицаја са слива услед појаве кишних падавина, приказаних на дијаграму под а). Црвена испрекидана линија на дијаграму под б) представља линију која одваја базни ( $Q_B$ ) од директног ( $Q_D$ ) протицаја. У стручној литератури се може наћи више метода одвајања базног и директног протицаја [102], док је у конкретном примеру примењена метода праве.

Дијаграм са Графикона 3-1 под б) нумерички је приказан у Табели 3-3, колоне Време  $T$  и Проток  $Q$ . Применом методе праве за одвајање базног протицаја одређена је вредност у колони Базни проток  $Q_B$ , Табела 3-3, која има константну вредност управо због методе одређивања. Све вредности протока са Графикон 3-1 под б) које имају већу вредност од базног протока, односно налазе се изнад црвене испрекидане линије, чине хидрограм директног отицаја. Вредности хидрограма директног отицаја, колони Директни отицај  $Q_D$  у Табели 3-3, су

одређене одузимањем вредности из колоне базног протока  $Q_B$  од вредности из колоне укупног протока  $Q$ .

Запремина хидрограма директног отицаја представља површину испод хидрограма директног отицаја. Применом методе трапеза одређене су вредности запремине између суседних временских пресека и приказане у петој колони Табеле 3-3. Сумирањем појединачних запремина одређује се укупна запремина хидрограма директног отицаја  $\sum V_D$ . Дебљина површинског отицаја са слива  $d$  се одређује према једначини (3-14):

$$d = \frac{\sum V_d [m^3]}{A [km^2]} * 10^{-3} \quad [mm] \quad (3-14)$$

Скалирањем ордината хидрограма директног отицаја  $Q_D$  за вредност дебљине површинског отицаја са слива  $d$  одређују се вредности ордината јединичног хидрограма отицаја са слива, према једначини (3-15):

$$Q_{jh} = Q_D/d \quad (3-15)$$

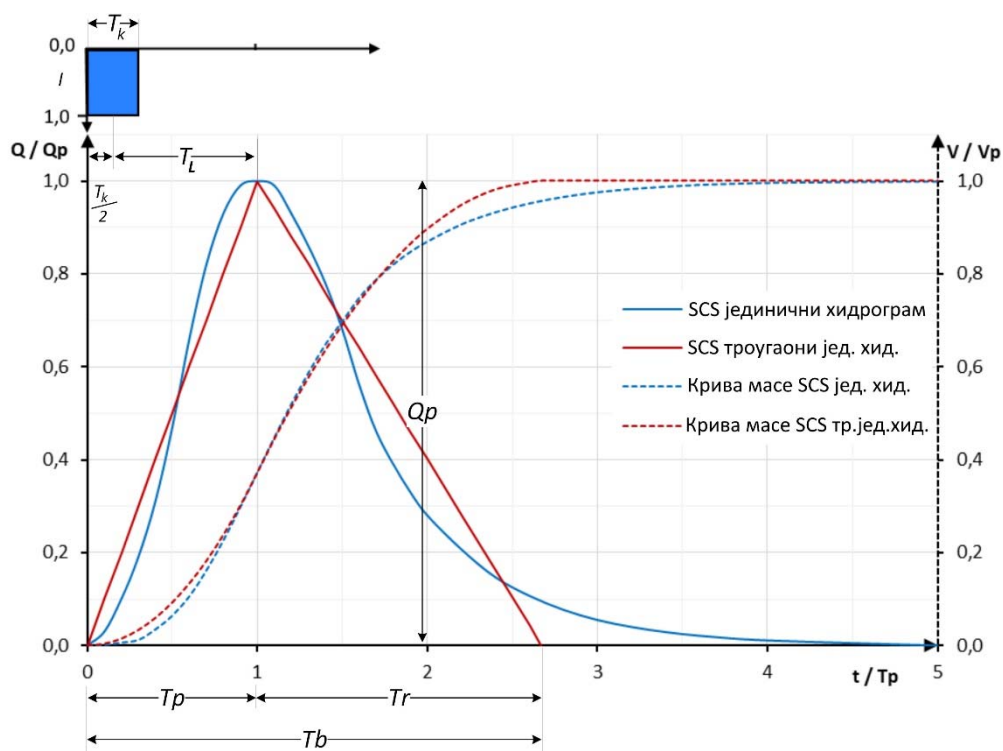
Табела 3-3: Прорачун осмотреног јединичног хидрограма

Време T [h]	Проток Q[m <sup>3</sup> /s]	Базни проток Q <sub>B</sub> [m <sup>3</sup> /s]	Директни отицај Q <sub>D</sub> [m <sup>3</sup> /s]	Запремина дир.отиц. V <sub>D</sub> [m <sup>3</sup> ]	Јединични хидрограм Q <sub>jh</sub> [m <sup>3</sup> /s]	Запремина јед.хид. V <sub>jh</sub> [m <sup>3</sup> ]	
0	0,56	0,56	0,00	0	0	0	
1	0,56	0,56	0,00	0	0	0	
2	0,69	0,56	0,13	234	0,014	25,2	
3	0,95	0,56	0,39	936	0,042	100,8	
4	1,53	0,56	0,97	2448	0,105	264,6	
5	3,01	0,56	2,45	6156	0,266	667,8	
6	4,35	0,56	3,79	11232	0,412	1220,4	
7	4,79	0,56	4,23	14436	0,459	1567,8	
8	4,44	0,56	3,88	14598	0,421	1584,0	
9	3,27	0,56	2,71	11862	0,294	1287,0	
10	2,37	0,56	1,81	8136	0,197	883,8	
11	1,61	0,56	1,05	5148	0,114	559,8	
12	1,23	0,56	0,67	3096	0,073	336,6	
13	0,97	0,56	0,41	1944	0,045	212,4	
14	0,81	0,56	0,25	1188	0,027	129,6	
15	0,66	0,56	0,10	630	0,011	68,4	
16	0,56	0,56	0,00	180	0	19,8	
Површина слива: A = 8,931 km <sup>2</sup>				$\sum V_D =$ d =	82224 9,21	$\sum V_{jh} =$ d <sub>jh</sub> =	8928 1,00

Дијаграм в) на Графикону 3-1 приказује јединични хидрограм директног отицаја са слива, према вредностима у колони Јединични хидрограм  $Q_{jh}$  Табеле 3-3. Одређивањем запремине јединичног хидрограма  $\sum V_{jh}$  и поделом те вредности са површином слива  $A$  одређена је вредност дебљине површинског отицаја од јединичног хидрограма  $d_{jh}$  која мора имати вредност 1mm.

За разлику од осмотреног јединичног хидрограма метода синтетичког јединичног хидрограма се примењује у случајевима када не постоје подаци мерења падавина и отицаја са слива и која се базира на одређивању главних величина јединичног хидрограма директног отицаја на основу физичких карактеристика слива применом емпиријских зависности [102]. У стручној литератури се може наћи више модификација методе синтетичког јединичног хидрограма [103], али је у стручној пракси најзаступљенија метода SCS синтетичког јединичног хидрограма (енг. SCS unit hydrograph).

Метод SCS синтетичког јединичног хидрограма развио је сервис за очување земљишта агенције за пољопривреду владе Сједињених Америчких Држава (енг. Soil Conservance Servise, Department of agriculture, USA). На основу великог броја осмотрених јединичних хидрограма истраживач Виктор Мокус (енг. Victor Mockus) [104] је за потребе сервиса за очување земљишта САД-а формирао осредњени бездимензионални јединични хидрограм (SCS јединични хидрограм, Графикон 3-2), који представља основу SCS методе.



Графикон 3-2: Основне величине SCS бездимензионалног криволинијског и троугаоног хидрограма

Основна особине SCS бездимензионалног јединичног хидрограма се огледа у могућности скалирања хидрограма по обе осе. Наиме, хоризонтална оса  $t/T_p$  приказује бездимензионална временска одстојања која зависе од времена подизања хидрограма  $T_p$ . По истом принципу, вертикална оса приказује бездимензионалне вредности протицаја које зависе од максималног протицаја

$Q_p$ . Тако да се познавањем две наведене величине,  $T_p$  и  $Q_p$ , могао одредити криволинијски јединични хидрограм.

Широка примена методе SCS за одређивање хидрограма отицаја на основу ефективних киша настаје након примене апроксимације SCS троугаоног јединичног хидрограма [104]. Троугаона апроксимација хидрограма омогућава лако одређивање основних величина које карактеришу хидрограм као и повезивање тих величина са ефективном кишом која формира хидрограм директног отицаја са слива. Применом троугаоне апроксимације заокружена је целина одређивања хидрограма отицаја на основу познате висине и трајања ефективне кише.

Наведена апроксимација криволинијског хидрограма са троугаоним хидрограмом се базира на принципу очувања масе отекле воде са слива. Принцип очувања масе подразумева је и криволинијски и троугаони хидрограм приказују једнаку запремину отекле воде са слива, као и приближно исту временску расподелу прираштаја запремине отекле воде. Трансформација криволинијског у троугаони хидрограм извршена је на основу криве масе хидрограма. Крива масе хидрограма представља кумулативну криву прираштаја запремине отекле воде у току времена. Бездимензионална криве масе представља кумулативну криву прираштаја удела запремине у укупној запремини хидрограма ( $V/V_p$ ), и представља криву која је погодна за међусобно поређење временске расподеле запремине отекле воде између два или више хидрограма. Као што је приказано на Графикону 3-2, бездимензионалне криве масе за криволинијски хидрограм и за троугаони хидрограм су приближно једнаке.

Основа за подређивање SCS троугаоног јединичног хидрограма је познавање трајања ефективне кише  $T_k$  [h]. На основу трајања ефективне кише одређује се и назив синтетичког јединичног хидрограма, нпр. ефективна киша трајања  $T_k = 6h$  формира шесточасовни једнични хидрограм. Поступак одређивања ефективних падавина биће објашњен у наредном поглављу.

Као што је претходно наведено, за одређивање хидрограма директног отицаја са слива помоћу SCS синтетичког јединичног хидрограма потребно је познавати вредности максималног протицаја  $Q_p$  и времена подизања хидрограма  $T_p$ , поред вредности трајања ефективне кише  $T_k$ . Троугаона апроксимација јединичног хидрограма омогућава одређивање максималног протицаја из услова једнакости запремине пале ефективне кише и отекле воде са слива (Графикон 3-2):

$$P_e * A = Q_p * T_b / 2 \quad (3-16)$$

где је:

$P_e$  – висина ефективне кише [mm],  $A$  – површина слива [km<sup>2</sup>],  $Q_p$  – максимална вредност (пик) хидрограма отицаја [m<sup>3</sup>/s] и  $T_b$  – временска база троугаоног хидрограма [h]. Применом димензионалне анализе, којом се бездимензионални

SCS јединични хидрограм претвара у димензионални хидрограм отицаја са слива, одређује се вредност максималног отицаја димензионалног хидрограма:

$$Q_p = 0,56 * \frac{A * P_e}{T_b} \quad (3-17)$$

Временска база троугаоног хидрограма  $T_b$  из једначине (3-17) се одређује као збир времена подизања (узлазне гране) хидрограма  $T_p$  и времена опадања (ретардације, односно силазне гране) хидрограма  $T_r$ :

$$T_b = T_p + T_r \quad (3-18)$$

Однос између времена подизања и времена опадања хидрограма представља карактеристику слива, односно говори о ретензионој моћи слива, и изражава се помоћу коефицијента облика троугаоног хидрограма  $K$ :

$$K = \frac{T_r}{T_p} \quad (3-19)$$

На основу једначине (3-19) се одређује временска база хидрограма, као:

$$T_b = T_p * (1 + K) \quad (3-20)$$

Коефицијент  $K$  се читава са емпиријских кривих [10] или се усваја на основу препорука, а утицај овог коефицијента ће бити разматран у оквиру поглавља Анализа осетљивости модела. Троугаона апроксимација хидрограма, Графикон 3-2, приказује да је време подизања хидрограма једнако збиру:

$$T_p = \frac{T_k}{2} + T_L \quad (3-21)$$

где:

$T_L$  – време закашњења одзива слива [h]. Време закашњења одзива слива (енг. Lag time) представља време од тежишта хијетограма ефективне кише до појаве пика хидрограма директног отицаја. Ова величина се доводи у везу са физичким карактеристикама анализираниог слива услед чега се у стручној литератури може наћи велики број емпиријских формула за одређивање ове величине [105].

Метода SCS јединичног хидрограма предлаже следећу емпиријску једначину:

$$T_L = \frac{L^{0,8} * (2540 - 22,86 * CN)^{0,7}}{14104 * CN^{0,7} * S^{0,5}} \quad (3-22)$$

где је:

$L$  – хидрауличка дужина слива, односно дужина површинског тока на сливу [m],  
 $S$  – уравни пад слива [m/m] и  $CN$  – број криве која описује однос укупних и ефективних падавина за цео слив. Поцедура одређивања броја  $CN$  за неки слив биће описана у наредном поглављу.



Резиме примене методе SCS синтетичког бездимензионалног јединичног хидрограма је да на основу неколико физичких карактеристика слива (површина слива, дужина главног тока, уравни пад слива и  $CN$  слива) и вредности ефективне кише (одређеног трајања, интензитета и вероватноће појаве) могу се одредити све величине које карактеришу троугаону апроксимацију хидрограма директног отицаја, као и вредност пика хидрограма отицаја.

Трансформација троугаоног хидрограма отицаја у реалистичнији криволинијски хидрограм отицаја може се извршити на више начина, од примене неке од функција расподеле вероватноће до примен гама-функција [103]. У оквиру овог истраживања примењена је табеларна SCS метода трансформације [104].

Табела 3-4: SCS криволинијски хидрограм

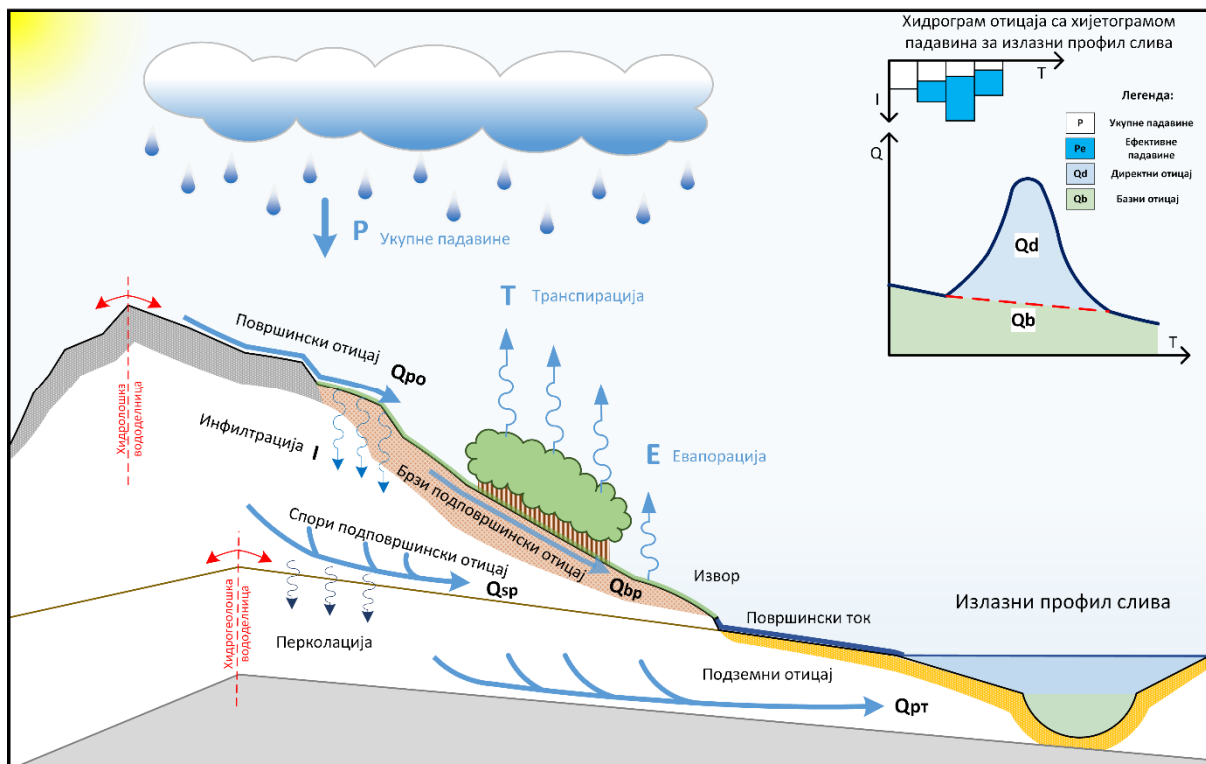
t/Tp	Q/Qp	t/Tp	Q/Qp	t/Tp	Q/Qp
0,0	0,000	1,1	0,990	2,4	0,147
0,1	0,030	1,2	0,930	2,6	0,107
0,2	0,100	1,3	0,860	2,8	0,077
0,3	0,190	1,4	0,780	3,0	0,055
0,4	0,310	1,5	0,680	3,2	0,040
0,5	0,470	1,6	0,560	3,4	0,029
0,6	0,660	1,7	0,460	3,6	0,021
0,7	0,820	1,8	0,390	3,8	0,015
0,8	0,930	1,9	0,330	4,0	0,011
0,9	0,990	2,0	0,280	4,5	0,005
1,0	1,000	2,2	0,207	5,0	0,000

Управо због своје директности у прорачуну описана метода SCS јединичног хидрограма има велику практичну примену, због чега и изабрана у оквиру овог истраживања.

*Метод: SCS-CN за одређивање ефективних падавина*

Као што је у претходном поглављу приказано, за примену методе SCS јединичног хидрограма, поред података који се одређују на основу физичких карактеристика слива, главни улазни податак представља висина ефективне кише  $P_e$ , константног интензитета и дефинисаног трајања. Ефективна киша се дефинише као киша која формира директни отицај са слива [10,75].

Као што је на Слици 3-20 приказано, одређивање висине ефективних падавина се своди на одређивање „губитака воде“ на сливу. Вредност ефективних падавина се одређује као вредност укупних (брuto) падавина одређеног трајања и вероватноће појаве умањених за вредност „губитака воде“ на сливу. Термин „губици воде“ је посебно наглашен, јер подразумева пренесено значење. Наиме, под наведеним термином се не подразумевају стварни, физички, губици воде, већ губици воде са аспекта отицаја, јер се вода не може изгубити у оквиру хидролошког циклуса кружења воде [68].



*Слика 3-21: Хидролошки циклус кружења воде на сливу са хидрограмом отицаја и хијетогограмом падавина*

Најзначајнији процеси у оквиру хидролошког циклуса кружења воде на сливу приказани су на Слици 3-21. Директан отицај са неког слива најстаје као последица површинског отицаја и брзог подповршинског отицаја, док је базни део хидрограма отицаја последица спорог подповршинског отицаја и подземног отицаја [10,75]. У горњем десном делу Слике 3-21 приказан је хидрограм отицаја

за излазни профил слива на коме су одбојени базни и директни отицај, као и хијетограм укупних и ефективних падавина.

Ефективне падавине  $P_e$  представљају део укупних падавина на сливу  $P$  који се претворио у директни отицај [68]. Разлика између укупних падавина и ефективних падавина се назива „губицима воде”. Слика 3-21 приказује најзначајније „губитке воде” у оквиру хидролошког циклуса кружења воде на сливу, као што су: инфилтрација или упијање воде од стране земљишта, евапорација или испаравање са различитих површина на сливу и транспирација или упијање воде од стране вегетације на сливу. Поред наведених „губитрака воде”, вода се на сливу може задржавати на вегетационом покривачу (интерцепција) или бити краће или дуже заробљена у депресијама на сливу.

У зависности од изучаваног проблема и специфичности слива, сваки од наведених „губитака воде” може се посебно мерити или моделовати, на основу чега се могу добити веома детаљни подаци о „губицима воде” на сливу. Наведени приступ захтева велики број улазних параметара модела, као и дефинисане почетне и граничне услове, услед чега се тако сложени модели веома ретко примењују у хидролошкој пракси. Поред наведеног приступа, приступа свеобухватног одређивања губитака, у хидролошкој пракси је значајно заступљенији приступ доминантног губитака.

Приступ доминантног губитка се заснива на идеји да се сви „губици воде” на сливу одређују у односу на доминантан губитак, чији се процес моделује. Наведеним приступом укупни „губици воде” на сливу представљају производ реципрочне вредности коефицијента удела доминантног губитка у укупним губицима  $K_{ug}$  и вредности моделованог доминантног губитка  $G$ , једначина (3-23).

$$P_g = \frac{1}{K_{ug}} G, \quad G = \max\{I, T, E, PK, IN, D\} \quad (3-23)$$

Ознаке  $I, T, E, PK, IN, D$  представљају следеће губитке: инфилтрација, транспирација, евапорација, перколација, интерцепција и депресија, наведене респективно. Избор доминантног губитка зависи од много фактора, као што су климатски услови, карактеристике земљишта, физичке карактеристике слива, карактеристике вегетације на сливу и др. У хидролошкој пракси се најчешће процес инфилтрације узима као доминантни губитак, и у односу на овај доминантни губитак четири методе одређивања ефективних падавина су најзаступљеније [53]: метод  $\Phi$ -индекса, метод пропорционалних губитака, Horton-ова метода и SCS-CN метода.

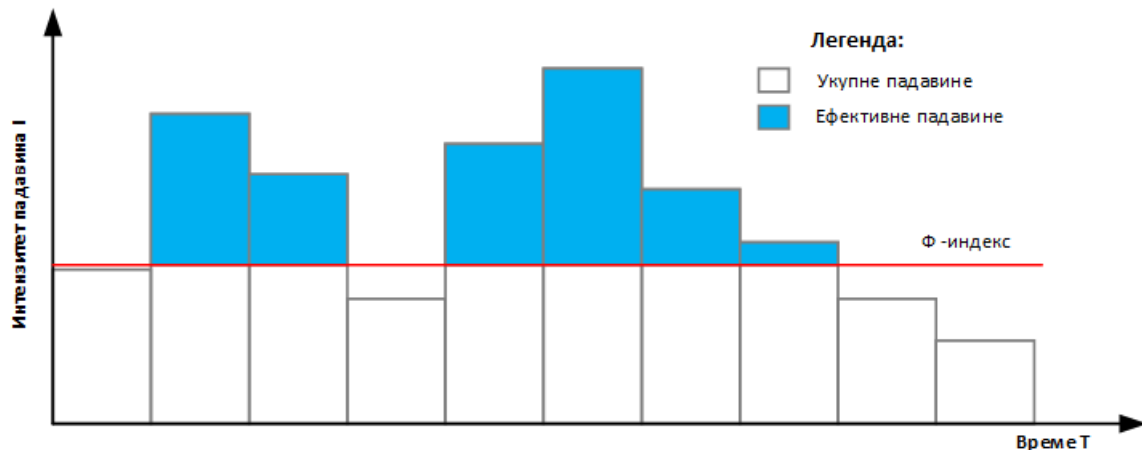
Наведене методе одређују интензитет ефективних падавина у односу на интензитет укупних падавина. Интензитет кише се дефинише као висина пале кише, односно висина воденог талога [mm], у јединици времена. По истом принципу се и интензитет инфилтрације дефинише као висина воденог слоја [mm] упијеног од стране земљишта у јединици времена.

Метод  $\Phi$ -индекса претпоставља константне „губитке воде“ на сливу услед процеса инфилтрације. Из ове претпоставке произилази да је интензитет инфилтрације константан током трајања кише и обележава се ознаком  $\Phi$ , по чему је метода и добила назив. Наведена метода поседује физичко ограничење приликом одређивања губитака, а то је да интензитет губитака  $i_g$  не може бити већи од интензитета пале кише  $i$ .

$$i_g(t) = \begin{cases} \Phi, & i > \Phi \\ i, & i \leq \Phi \end{cases} \quad (3-24)$$

На основу једначине (3-24) интензитет ефективне кише се одређује према следећој једначини, док су резултати примене методе  $\Phi$ -индекса приказани на Графикону 3-3.

$$i_e(t) = i(t) - i_g(t) = \begin{cases} i(t) - \Phi, & i > \Phi \\ 0, & i \leq \Phi \end{cases} \quad (3-25)$$



Графикон 3-3: Примена методе  $\Phi$ -индекса за одређивање интензитета ефективних падавина

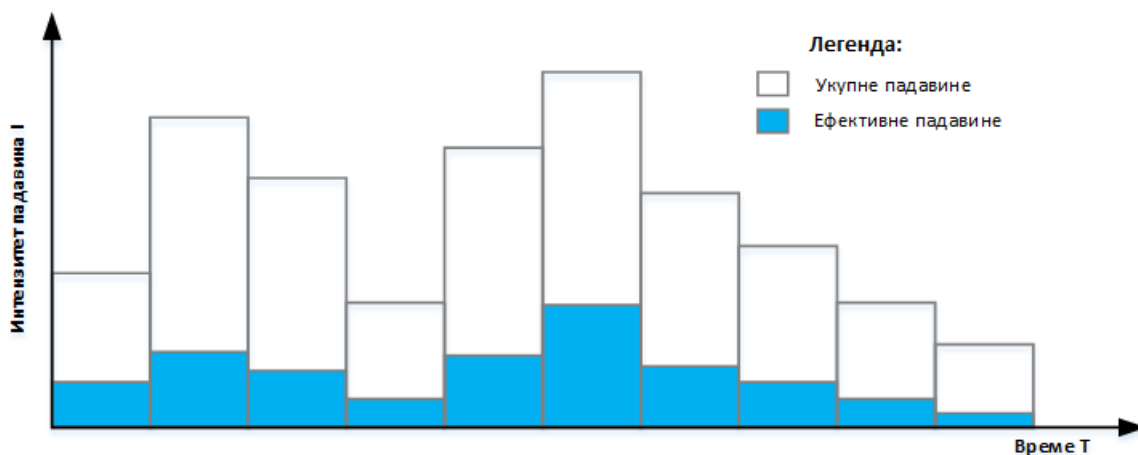
Недостаци приказане методе се огледају у томе што ова метода не разматра промену интензитета инфилтрације у току времена и што оставља могућност престанка ефективних падавина у току кишне серије. Први недостатак подразумева савршено хомогено земљиште инфилтрационог капацитета значајно већег од запремине пале кише, што у природним условима никада није случај. Други недостатак оставља могућност да у току једне кишне серије дође до престанка ефективног отицаја са слива што у природи није случај, јер би овака појава изазвала пад на хидрограму директног отицаја у току једне кишне серије.

Метод пропорционалних губитака претпоставља да је интензитет ефективне кише у сваком временском интервалу пропорционалан интензитету пале кише. Као коефицијент пропорционалности се узима коефицијент отицаја слива  $\mu$ , који представља количник запремине пале и запремине отекле воде са слива.

$$i_e(t) = \mu * i(t) \quad (3-26)$$

На основу једначине (3-26) губици воде на сливу се одређују према следећој једначини, док су резултати примене методе пропорционалних губитака приказани на Графикону 3-4.

$$i_g(t) = (1 - \mu) * i(t) \quad (3-27)$$



Графикон 3-4: Примена методе пропорционалних губитака за одређивање интензитета ефективних падавина

Један од главних недостатака приказане методе пропорционалних губитака огледа се у томе што ова метода претпоставља формирање ефективних падавина и у првом временском блоку кише, што код природних сливова није случај.

Метода заснована на Horton-овој једначини инфилтрације претпоставља да интензитет инфилтрације опада током времена. Функција промене интензитета инфилтрације је експоненцијална функција према којој интензитет инфилтрације опада од вредности потенцијане инфилтрације за неко тло  $f_0$  до вредности инфилтрације кроз водозасићено земљиште  $f_c$ . Вредност потенцијалне инфилтрације  $f_0$  представља коефицијент инфилтрације кроз водонезасићено, суво тло и представља потенцијално максималну вредност инфилтрације за ту врсту тла. Horton-ова функција промене инфилтрације у току времена приказана је једначином (3-28).

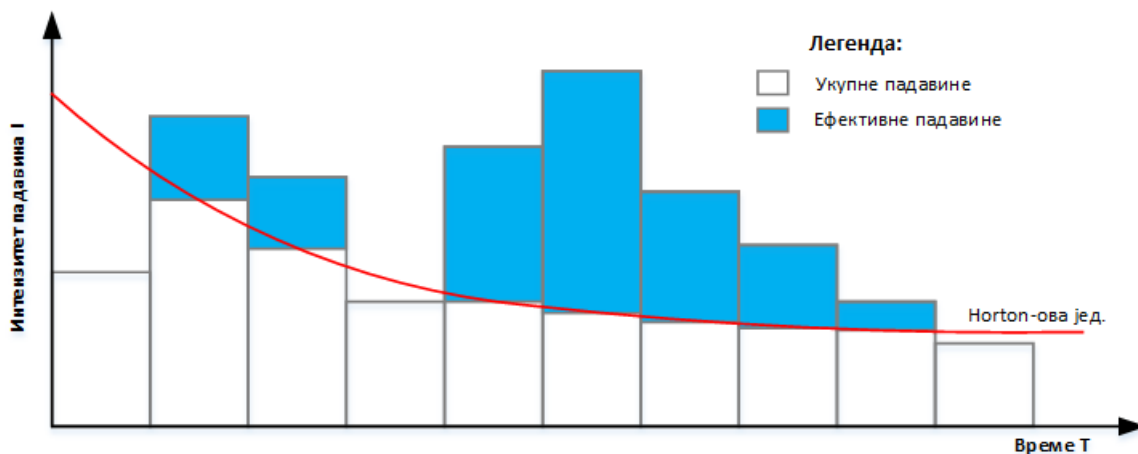
$$f(t) = f_c + (f_0 - f_c) * e^{-kt} \quad (3-28)$$

где је:

$k$  – коефицијент који показује брзину опадања интензитета инфилтрације од вредности  $f_0$  до константе  $f_c$ . Ова метода поседује исто физичко ограничење као и метода Ф-индекса, а то је да интензитет инфилтрације не може бити већи од интензитета пале кише, на основу чега се једначином (3-29) одређује висина ефективних падавина.

$$i_e(t) = i(t) - i_g(t) = \begin{cases} i(t) - f(t), & i > f \\ 0, & i \leq f \end{cases} \quad (3-29)$$

Резултати примене Horton-ове методе за одређивање интензитета ефективних падавина су приказани на Графикону 3-5.



Графикон 3-5: Примена Horton-ове методе за одређивање интензитета ефективних падавина

Два најзначајнија недостатка наведене методе су проблем одређивања коефицијената инфилтрације за потенцијално велики број различитих врста земљишта на неком сливу и претпоставка ниске почетне влажности земљишта на сливу, односно претпоставка да је почетна инфилтрација увек једнака потенцијалној инфилтрацији.

Метода SCS-CN врши одређивање висине ефективних падавина на основу максималног дефицита влаге у земљишту  $d$  [106], који теоријски одговара интензитету потенцијалне инфилтрације у одређеном временском интервалу. Висина ефективних падавина  $P_e$  се одређује на основу висине укупних падавина  $P$  и дефицита влаге у земљишту  $d$ , према једначини (3-30).

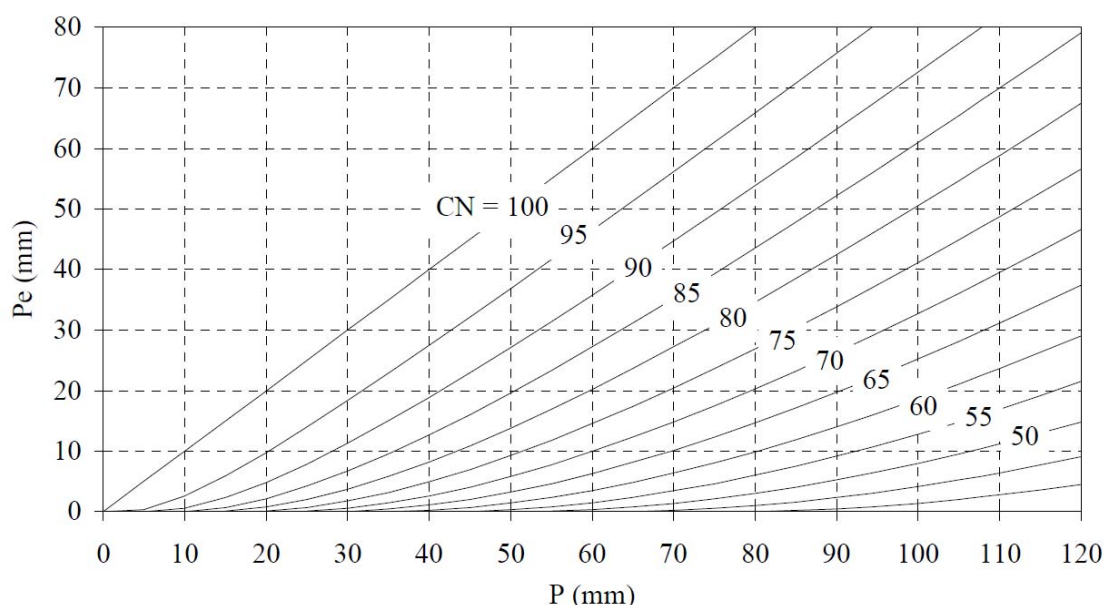
$$P_e = \frac{(P - 0,2 * d)^2}{P + 0,8 * d} \quad (3-30)$$

Наведена метода претпоставља висину почетних губитака као 20% укупне упијајуће моћи земљишта [68], што описује члан  $0,2 * d$ . За разлику од претходно

наведених метода, метода SCS-CN одређује сумарне „губитке воде“ на сливу преко криве која приказује однос висине укупних и ефективних падавина. Обзиром да се услед различитих врста земљишта на сливу, као и различитих начина коришћења земљишта, може формирати велики број кривих које приказују однос  $P - P_e$ , свакој кривој је додељен број криве (енг. Curve Number, CN) који је изражен као функција дефицита влаге у земљишту:

$$d = 25,4 * \left( \frac{1000}{CN} - 10 \right) \quad (3-31)$$

Вредности броја CN се крећу у распону од 0 до 100, а веза између висине укупних падавина, броја криве CN и висине ефективних падавина је приказана дијаграмом на Графикону 3-6, који је конструисан на основу једначина (3-30) и (3-31).



Графикон 3-6: SCS-CN дијаграм одређивања ефективних падавина [68]

Иако се вредност броја криве, CN, по којем је метода и добила име, може одредити на основу једначине (3-31), одређивање вредности CN на основу табеларно датих података, као и могућност осредњавања вредности CN за површину целог слива, доноси овој методи велику популарност у практичној примени. У односу на SCS класификацију земљишта се деле, у односу на интензитет инфилтрације, у четири класе, што је приказано у Табели 3-5.

Табела 3-5: SCS класификација хидролошких група земљишта

Хидролошка класа земљишта	Минимална вредност инфилтрације (mm h <sup>-1</sup> )
A	7,62 - 11,4
B	3,81 - 7,61
C	1,27 - 3,80
D	0,00 - 1,26

Поред хидролошке класе земљишта на инфилтрацију пале воде утичу и вегетациони покривач као и начин коришћења земљишта [106]. Вредности CN се читавају из табеле, Прилог 3, на основу типа земљишта, начина коришћења земљишта и вегетационог покривача (или процента непропусних површина код урбаних сливова) [107].

Поред брзог одређивања вредности бројева CN за сваку појединачну површину на сливу, метода SCS-CN нуди две напредне могућности у односу на претходно наведене методе. Прва могућност се огледа у томе што се вредност укупног броја CN за цео хидролошки слив, који може имати велики број различитих типова земљишта, различите обраде и различите намене, може одредити применом тежинске методе, једначина (3-32).

$$CN_{sliva} = \sum_{i=1}^n \left( \frac{A_i}{A} * CN_i \right) \quad (3-32)$$

где је:

$CN_{sliva}$  – вредност броја CN која је репрезентативна за површину читавог слива,  $CN_i$  – вредност броја CN за одређену површ  $i$ ,  $A_i$  – површина дела  $i$  у укупној површини слива  $A$ . Тежински коефицијенти представљају процентуални удео разматране површине у укупној површини слива.

Друга предност методе SCS-CN огледа се у томе што ова метода разматра три различита случаја претходне влажности земљишта на сливу: низак ниво претходне влажности, просечна претходна влажност и повишена претходна влажност земљишта на сливу. Претходно приказан поступак одређивања броја CN се врши под претпоставком просечне претходне влажности свих површина на сливу, а трансформација тако одређене вредности броја CN за услове снижене или повишене претходне влажности врши се на основу табеле дате у Прилогу 4.

Метода SCS-CN одређује хијетограм ефективне кише посредно, преко сумарне линије кише. Сумарна линија пале кише представља промену висине пале кише у току времена, која се одређује за дефинисану ширину временског интервала. Са сумарне линије кише може се за сваки временски интервал одредити вредност висине укупних падавина  $P(t)$ , док се вредности на сумарној линији ефективне кише  $P_e(t)$  израчунавају за сваки временски интервал на основу одређене вредности броја CN за цео слив помоћу једначина (3-31) и (3-30).

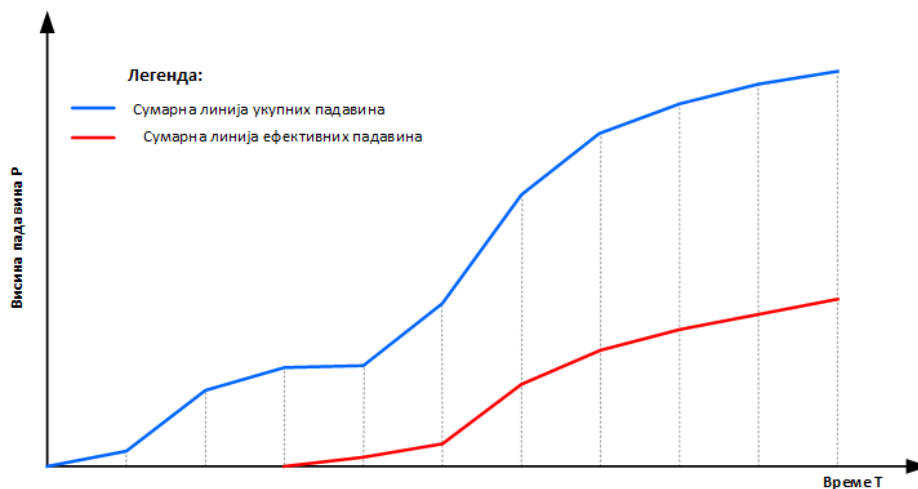
Као и све методе које поседују задату вредност почетне инфилтрације земљишта, и метода SCS-CN поседује физичко ограничење које је проистекло из наведеног услова. Физичко ограничење приказане методе огледа се у чињеници да вредност инфилтрације воде од стране земљишта не може бити већа од интензитета пале кише, док до појаве површинског отицаја долази тек задовољењем почетног дефицита влаге у земљишту, који је у овој методи



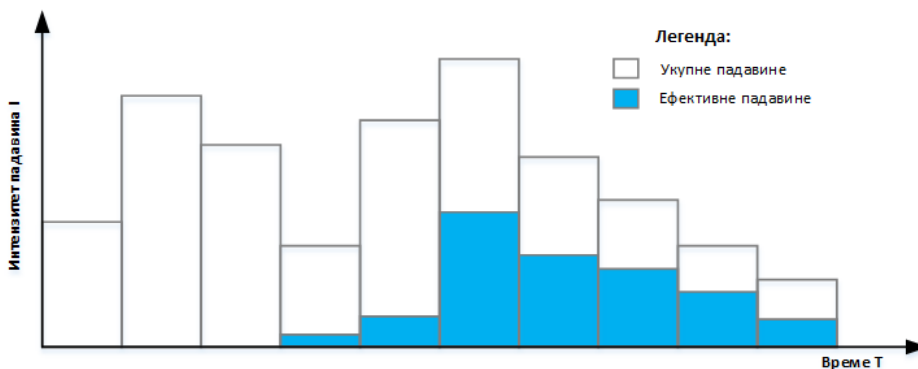
дефинисан чланом  $0,2 * d$ . Наведени услов је имплементиран у једначину за одређивање висине ефективних падавина за сваки временски интервал:

$$P_e(t) = \begin{cases} \frac{(P(t) - 0,2 * d)^2}{P(t) + 0,8 * d}, & P(t) > 0,2 * d \\ 0, & P(t) \leq 0,2 * d \end{cases} \quad (3-33)$$

Одређивање сумарне линије висине ефективне кише на основу сумарне линије висине укупне кише приказано је на Графикону 3-7. Конструкција хијетограма укупних и ефективних падавина извршено је на основу сумарних линија падавина и приказано је на Графикону 3-8.



Графикон 3-7: Сумарне линије висине укупних и ефективних падавина према методи SCS-CN



Графикон 3-8: Хијетограми укупних и ефективних падавина према методи SCS-CN

Метода SCS-CN је изабрана за примену у овом истраживању управо због њених могућности одређивања CN броја за цео слив и одређивање CN броја за различите вредности претходне влажности земљишта на сливу, као и због њене широке примене у хидролошкој пракси.

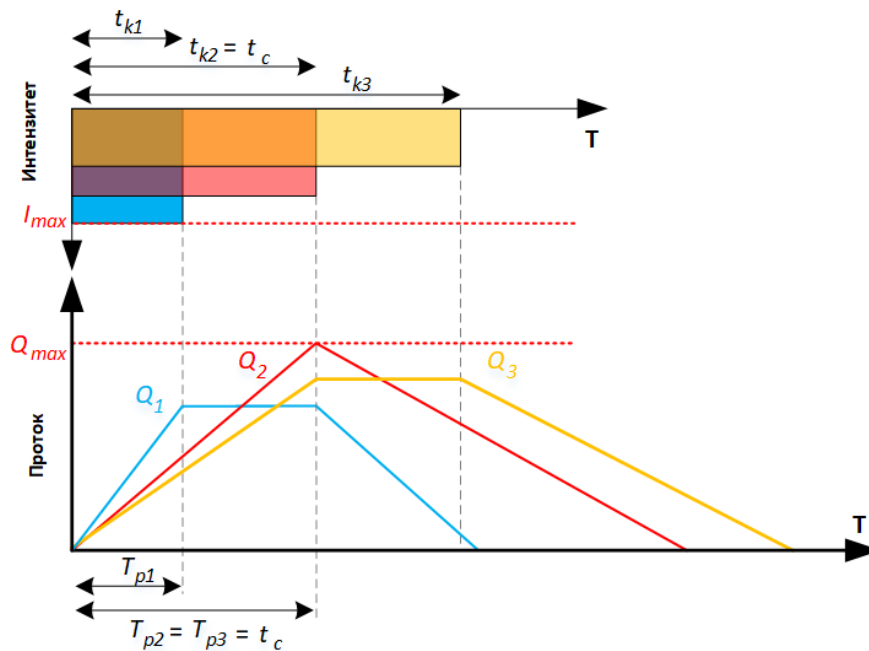
### *Метод: Итеративни поступак*

У оквиру овог истраживања итеративни поступак је коришћен за одређивање времена трајања меродавне кише. У оквиру хидролошког моделирања процеса отицаја воде са слива, укупне падавине на сливу представљају главни улазни податак, Слика 3-20. Обзиром да су претходним поглављима описана метода одређивања ефективних падавина, као и метод трансформације ефективних падавина у хидрограм директног отицаја са слива, у оквиру овог поглавља биће приказана метода одређивања меродавне кише за анализирани слив.

Као што је наведено у уводном делу поглавља 3.2, у оквиру овог истраживања коришћен је дискретни хидролошки модел за моделирање хидрограма директног отицаја услед екстремних вредности укупних падавина на сливу, односно услед дискретне кише екстремне висине или интензитета. Падавински подаци који се користе у дискретним хидролошким моделима се називају рачунске кише. Рачунска киша представља кишну епизоду, на локацији мерне станице, која је дефинисана интензитетом, трајањем и повратним периодом. Рачунске кише се одређују на основу статистички обрађених података о падавинама, односно на основу ИТП кривих за одређену локацију слива, које се формирају према процедури описаној у поглављу Подаци о падавинама.

Обзиром да се са ИТП кривих може одредити интензитет рачунске кише за познато време трајања кише и повратни период, поставља се питање: која је примена итеративног поступка. Итеративни поступак се примењује за одређивање времена трајања меродавне кише. Меродавна киша се дефинише као рачунска киша која даје максималну вредност отицаја са слива. Тако да, иако се вредности интензитета рачунских киша могу очитати са ИТП кривих остаје питање одређивања одговарајућег времена трајања кише за које треба очитати вредности.

Стручна литература даје препоруке да време трајања меродавне кише треба бити једнако времену концентрације слива [10,68,75,94]. Пример односа максималне вредности хидрограма отицаја и времена трајања рачунске кише може се најбоље илустровати на примеру примене рационалне методе (која није коришћена у овом истраживању и неће бити даље образлагана) на једном урбаном хомогеном сливу.



Графикон 3-9: Пример зависности пика хидрограма отицаја од времена трајања меродавне кише

Као што пример са Графикона 3-9 приказује, рачунска киша која има трајање  $t_{k2}$ , које је једнако времену концентрације слива  $t_c$ , даје хидрограм отицаја са максималном вредношћу пика,  $Q_2 = Q_{max}$ . Време концентрације слива  $t_c$  се најчешће дефинише као време потребно да јединична запремина пале воде стигне са најудаљеније тачке слива до излазног профила слива [108]. Још једно од тумачења времена концентрације слива јесте да је то време потребно да се активира површински отицај са читаве површине слива. У литератури се може наћи више различитих тумачења времена концентрације слива, као и више емпиријских једначина које доводе различите физичке параметре слива у везу са временом концентрације слива. Неке од емпиријских једначина су приказане у Табели 3-6.

Табела 3-6: Емпиријске једначине за одређивање времена концентрације слива

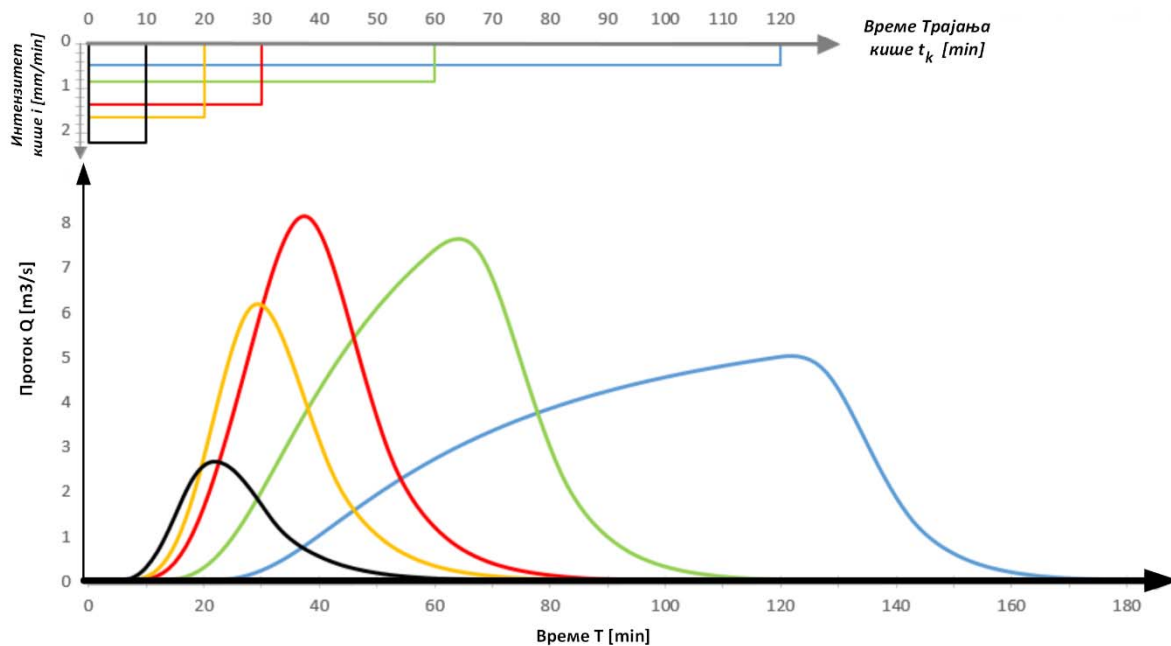
Метода	Формула за $t_c$ :	Променљиве:
Kriпich (1940)	$t_c = 0,0195 L^{0,77} S^{-0,385}$	$L$ – дужина тока од извора $S$ – уравни нагиб слива
FAA (1970)	$t_c = 0,7(1,1 - c) L^{0,5} S^{-0,333}$	$c$ – коефицијент отицаја слива $L$ – дужина тока од извора $S$ – уравни нагиб слива
Kinematic Wave	$t_c = 1,36 \frac{L^{0,6} n^{0,6}}{i^{0,4} S^{0,3}}$	$n$ – Маннин-ов коефицијент храпавости $i$ – интензитет ефективне кише $L$ – дужина површинског тока $S$ – уравни нагиб слива
SCS метода кашњења	$t_c = 0,0136 \frac{L^{0,8}}{S^{0,5}} (1000/CN - 9)^{0,7}$	$CN$ – SCS број криве $L$ – најдужи пут течења на сливу $S$ – просечан нагиб слива
SCS метода брзина	$t_c = \frac{1}{60} \sum \frac{L_i}{v_i}$	$L_i$ – дужина путање течења $v_i$ – просечна брзина течења

Свака од метода наведених у Табели 3-6 има своја ограничења примене, које су последица величине и свеобухватности узорка на основу кога је емпиријска формула и изведена. Такође, све наведене формуле зависе од могућности прецизног одређивања наведених физичких параметара слива, који су такође условљени висинском тачношћу и резолуцијом дигиталног модела терена (ДМТ), што све скупа уводи у анализу велики број зависно променљивих. Проблем одређивања ДМТ-а и физичких параметра слива је приказан у поглављу Просторни подаци.

Предмет истраживања у овом раду су бујични сливови, које између осталог карактерише и мала површина слива, као и непостојање сталних површинских токова на сливу, услед чега је примена горе наведених формула умногоме отежана. Управо из тог разлога је, уместо увођења апроксимација приликом одређивања променљивих за претходно приказане једначине за  $t_c$ , примењен итеративни поступак за одређивање времена концентрације слива, односно времена трајања меродавне кише.

Итеративни поступак се своди на узастопну примену хидролошког модела трансформације ефективних падавина у хидрограм отицаја са слива, као и методе SCS-CN за одређивање вредности ефективних падавина, а на основу вредности укупних падавина са ХТП кривих за различите вредности трајања кише. Итеративним понављањем описаног поступка за анализирани слив одређује се низ хидрограма отицаја за различите вредности трајања кише.

Резултат примене итеративног поступка представља низ хидрограма отицаја са слива заједно са хијетограмама падавина, на основу којих се може одредити време концентрације слива, као време трајања меродавне кише која даје максималну вредност хидрограма отицаја са слива. Пример примене итертивног поступка за одређивање времена трајања меродавне кише приказан је на Графикону 3-10.



*Графикон 3-10: Пример примене итертивног поступка за одређивање времена трајања меродавне кише*

Применом методе итеративног поступка је превазиђен проблем одређивања физичких параметара бујичних сливова, али се мора навести да је ова метода примењена под претпоставком киша константног интензитета. Наведена претпоставка има основа, узимајући у обзир да се ради о бујичним сливовима мале површине (до  $1\text{km}^2$ ), на основу чега се претпоставка о константном интензитету рачунских киша кратког трајања апсолутно може применити.

### *Метод: Регресионе анализе*

У статистичком моделовању, појам регресионе анализе подразумева скуп статистичких процедура помоћу којих се врши оцењивање међусобне повезаности две или више променљивих [109]. Термин „регресија“, у садашње прихватљивом стручном значењу, први пут је употребио енглески научник Френсис Галтон (енг. Francis Galton) 1877. године у свом раду „Типични закони наслеђа“, у коме је изложио концепт регресије. У свом раду он је изучавао зависност између величине зрна грашка родитељске биљке и величине зна грашка биљке потомка. На основу спроведеног истраживања Френсис Галтон је закључио да је изучавана зависност приближно линеарна, као и да величина зрна „регресира“ ка средњој вредности, чиме је поставио основе савремене регресионе анализе [110].

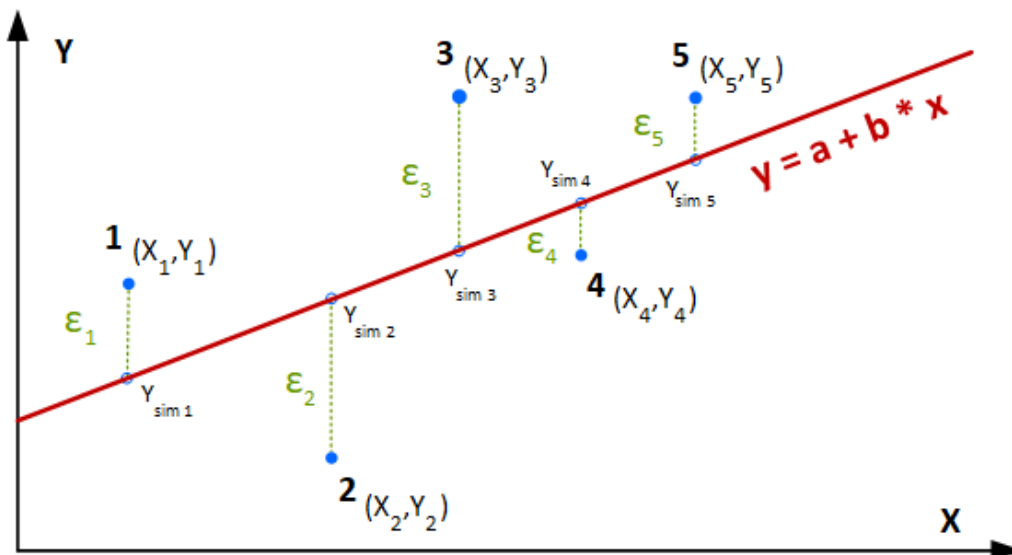
Први корак регресионе анализе представља формирање регресионог модела који треба да изврши процену међусобне зависности између минимум две променљиве, од којих је једна зависна променљива  $Y$ , а друга независна променљива  $X$ . Регресиони модел има две основне примене: за давање процене вредности зависне променљиве када се вредност независне променљиве налази у границама опсега узорка на основу кога је формиран модел, што се може сматрати интерполацијом унутар скупа, и за давање предвиђања вредности зависне променљиве када се вредност независне променљиве налази изван граница узорка, што се може сматрати екстраполацијом дефинисане зависности.

Постоји више подела регресионих модела, а овде ће се навести само поделе потребне ради јасне систематизације регресионог модела коришћеног у овом истраживању. Према броју независних променљивих, регресиони модели се деле на: моделе просте регресије, са једном независном променљивом, и моделе вишеструке регресије, са више независних променљивих. Подела према броју зависних променљивих дели регресионе моделе на: униваријантне (са једном зависном променљивом) и мултиваријантне моделе (са више зависних променљивих). Према врсти зависне променљиве регресиони модели могу бити: са континуалном зависном променљивом и са категоричком зависном променљивом. У зависности од типа функционалне зависности између зависне и независне променљиве разликујемо: моделе линеарне регресије (функционална зависност је права) и моделе нелинеарне регресије. Модели нелинеарне регресије могу бити са: квадратним, полиномским, експоненцијалним или неким другим типом функционалне зависности [111].

У зависности од проблема који се жели решити врши се избор регресионог модела, према претходно наведеним поделама. За изабрани регресиони модел потребно је извршити прилагођавање функције регресионог модела измереним вредностима зависне и независне променљиве. У стручној литератури [109]

може се наћи више метода којима се врши одређивање вредности параметара функције регресионог модела ради прилагођавања вредностима измерених података.

У оквиру овог истраживања, за прилагођавање функције регресионог модела измереним подацима коришћен је метод најмањих квадрата. Метод најмањих квадрата почива на идеји да се вредности непознатих параметара функције могу одредити минимизирањем вредности суме „грешака“, односно суме разлика између измерене вредности зависне променљиве  $Y$  и вредности зависне променљиве одређене на основу функције регресионог модела  $Y_{sim}$ . Принципи на којима почива метод најмањих квадрата биће приказани на примеру прости унваријантне линеарне регресије, док ће у даљем раду бити изведене и једначине за експоненцијални регресиони модел који је коришћен у истраживању.



Графикон 3-11: Пример примене методе најмањих квадрата за линеарну регресиону зависност

Пример регресионог модела са Графикона 3-11 приказује модел са дефинисаном линеарном функционалном зависношћу, која је дата општим обликом линеарне једначине:

$$y = a + b * x \quad (3-34)$$

где је:

$y$  – зависна променљива,  $x$  – независна променљива,  $a$  и  $b$  – параметри модела које је потребно одредити методом најмањих квадрата. Дефинисани регресиони модел треба да се што боље прилагоди измереним вредностима  $(x, y)$  у пет тачака. Приликом апроксимације низа од пет тачака линеарном једначином јавиће се грешке апроксимације, односно одступања измерених вредности у односу на регресиону функцију. Наведне грешке се одређују као разлика

вредности зависних променљивих за сваку од измерених независних променљивих:

$$\varepsilon(x_i) = \varepsilon_i = y_i - y_{sim i} \quad (3-35)$$

где је:

$\varepsilon_i$  – грешка апроксимације за тачку  $i$ ,  $y_i$  – измерена вредност зависне променљиве за тачку  $i$ ,  $y_{sim i}$  – вредност зависне променљиве одређена на основу регресионе функције, која према једначини (3-34) одређује као:  $y_{sim i} = a + b * x_i$ . Обзиром да грешка апроксимације  $\varepsilon_i$  може имати позитиван и негативан знак, метод најмањих квадрата уводи функцију која сумира квадрате грешака апроксимације:

$$f = \sum_{i=1}^n \varepsilon_i^2 = \sum_{i=1}^n (y_i - y_{sim i})^2 = \sum_{i=1}^n (y_i - (a + b * x_i))^2 \quad (3-36)$$

Основна идеја методе најмањих квадрата је да се функција  $f$  минимизира, односно да сума квадрата грешака апроксимације буде што ближа вредности нула. Математички поступак одређивања минимума функције се своди на одређивање извода функције и његовог изједначавања са нулом. Обзиром да линеарни модел има две независне променљиве, у овом случају потребно је одредити изводе функције  $f$  по обе независне променљиве, а затим тако одређене изводе изједначити са нулом. На основу наведене процедуре добија се систем од две једначине са две непознате из кога се изводе једначине за одређивање коефицијената регресионе функције:

$$a = \frac{n * \sum xy - (\sum x * \sum y)}{n * \sum x^2 - (\sum x)^2} \quad (3-37)$$

$$b = \frac{\sum y - a * \sum x}{n} \quad (3-38)$$

где је:

$n$  – број чланова низа измерених података.

Последњи корак регресионе анализе представља квантитативну оцену примене регресионог модела са дефинисаном функцијом. У литератури се може наћи више различитих коефицијената за одређивање квантитативне оцене слагања измерених података са неком функцијом међу којима је најзаступљенији коефицијент регресије, који је коришћен у овом истраживању:

$$R = \frac{\sum[(y_i - \bar{y}) * (y_{sim i} - \bar{y}_{sim})]}{\sqrt{[\sum((y_i - \bar{y})^2 * (y_{sim i} - \bar{y}_{sim})^2)]}} \quad (3-39)$$

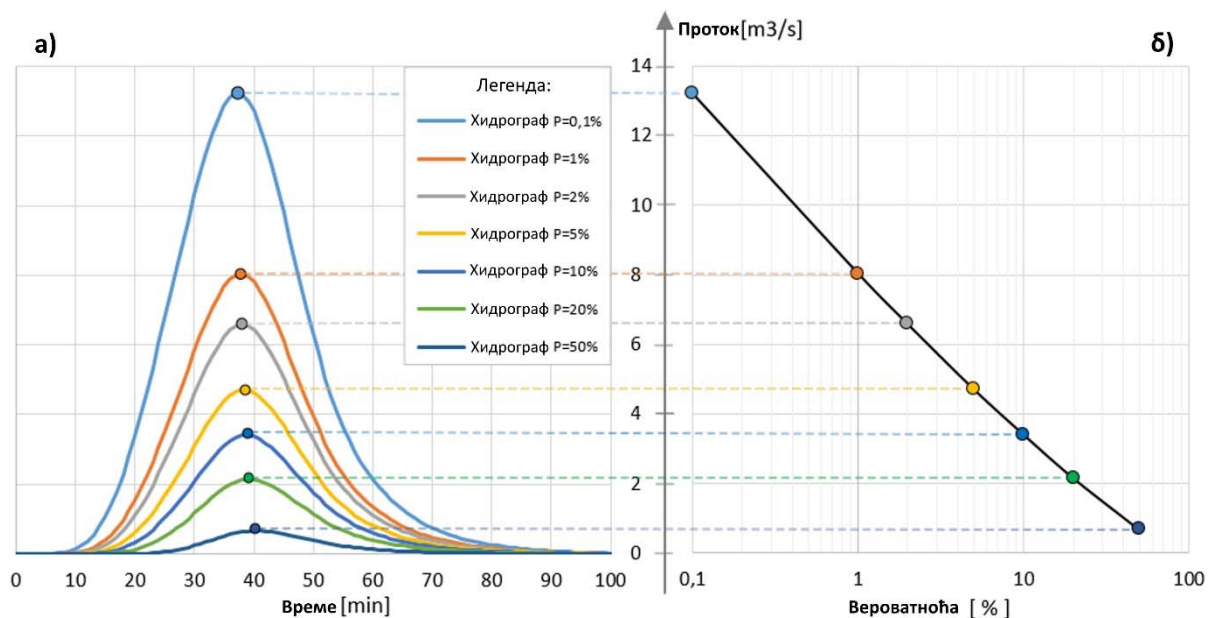
где је:

$y_i$  – измерена вредност зависне променљиве,  $\bar{y}$  – средња вредност низа измерених вредности зависне променљиве,  $y_{sim i}$  – вредност зависне



променљиве одређена на основу функционалне зависности регресионог модела за измерене вредности независне променљиве  $x_i$ , а  $\bar{y}_{sim}$  – представља средњу вредност низа зависних променљивих одређених на основу функционалне зависности. Коефицијент регресије показује колико се добро слажу измерени подаци са подацима добијеним помоћу функционалне зависности, при чему што је вредност коефицијента  $R$  ближа вредности 1 то функција боље описује вредности измерених података.

Претходно описани метод регресионе анализе је у оквиру овог истраживања коришћен за одређивање функционалне зависности између вредности вероватноће појаве меродавне кише  $P$ , која се одређује као реципрочна вредност повратног периода очитаног са дијаграма ИТП кривих, и максималне вредности протицаја са хидрограма отицаја са слива  $Q_{max}$ . Наиме, за одређено време трајања меродавне кише, према процедури описаној у претходном поглављу, са ИТП кривих се могу очитати различите вредности интензитета падавина (или различите висине падавина) за различите повратне периоде меродавне кише. За сваки повратни период, односно за сваку вероватноћу појаве кише обзиром да су то међусобно реципрочно зависне вредности, одреди се вредност ефективне кише, а затим на основу хидролошког модела одреди се хидрограм отицаја са слива. На основу овог корака формира се низ  $(P, Q_{max})$  за који је потребно одредити регресиону зависност.



Графикон 3-12: а) Хидрограми отицаја са слива услед киша различите вероватноће појаве и б) регресиона зависност вероватноће појаве и пика хидрограма отицаја са слива [4]

Метод регресионе анализе одређује вредности параметара регресионе функције која описује зависност између вероватноће појаве  $P$ , независне променљиве, и вредности пика хидрограма отицаја  $Q_{max}$ , зависне променљиве. Функционална зависност која даје најбоље слагање је експоненцијална функција:

$$P = A * e^{B*Q} \quad (3-40)$$

Примена претходно описане методе најмањих квадрата за линеарну регресију може бити примењена и за одређивање параметара  $A$  и  $B$  код експоненцијалне функције уз претходну математичку припрему једначине. Математичка припрема једначине подразумева два корака. Први је логаритмовање обе стране једначине логаритмом са основом  $e$ , чиме се добија једначина:

$$\ln P = \ln(A * e^{B*Q}) = \ln A + \ln e^{B*Q} = \ln A + B * Q * \ln e = \ln A + B * Q \quad (3-41)$$

Други корак подразумева увођење смена, приказаних у једначини (3-42), на основу којих се једначина (3-41) трансформише у линеарну једначину општег облика (3-34).

$$y = \ln P, \quad a = \ln A, \quad B = b \quad (3-42)$$

За линеарни облик функције регресионог модела, једначина (3-34), могу се према претходно приказаном принципу одредити коефицијенти функције  $a$  и  $b$ , који се инверзном применом уведених смена из једначине (3-42) трансформишу у вредности коефицијента који се могу применити у једначини (3-40).

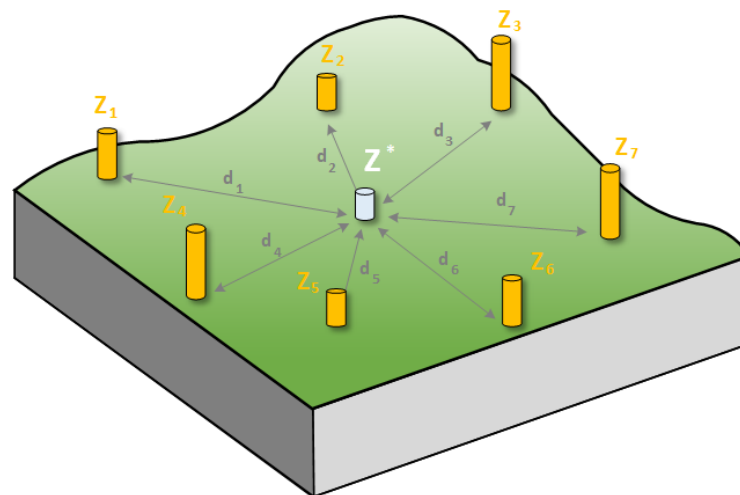
Наведеним поступком се за сваки слив дефинише веома важна функционална зависност на основу које се одређује вероватноћа појаве преливања воде преко саобраћајнице.

*Метод: IDW*

Као што је наведено у поглављу 2.3, подаци о рачунским падавинама, који представљају основне улазне податке хидролошког модела, се изражавају табеларним приказом карактеристичних вредности са ИТП кривих. Карактеристичне вредности интензитета падавина, у зависности од трајања и вероватноће појаве, одређене су статистичком анализом података осматрених падавина на одређеној кишомерној станици. На основу претходног се закључује да подаци о рачунским падавинама представљају „тачкасте податке“.

Под термином „тачкасти подаци“ подразумевају се подаци који су везани за тачку, односно локацију, на којој су измерени. Наведено значи да су „тачкасти подаци“ валидни једино за егзактну локацију мерног уређаја и да са удаљавањем од мерног уређаја репрезентативност тих података опада. Увидом у податке са кишомерних станица у околини неког анализираног путног пропуста може се закључити да вредности рачунских киша варирају у простору, односно да висина падавина није униформно расподељена на великим површинама.

Поставља се питање: Како одредити карактеристичне вредности са ИТП кривих за одређену локацију тежишта слива чији је излазни профил дефинисан локацијом анализираног путног пропуста? Решење задатог проблема се налази у примени неке од метода просторне интерполације „тачкастих података“ [112]. Графичка илустрација разматраног проблема је приказана на Слици 3-22.



*Слика 3-22: Приказ проблема просторне интерполације*

Велики број хидролошких података представља „тачкасте податке“, тако да је проблем просторне интерполације података у оквиру хидрологије веома детаљно изучаван [113–115] услед чега је развијено више метода просторне интерполације [116–118].

Суштина просторне интерполације се своди на питање : Како одредити вредност величине  $Z^*$  за одређену локацију уколико су нам познате вредности величине  $Z$  за  $n$  околних локација (Слика 3-22)? Све методе просторне интерполације се заснивају на основном географском принципу који гласи: „Локације које су просторно ближе једна другој имају више сличности од локација које су више међусобно удаљене“. Овим принципом се физичко растојање, удаљеност, између две тачке дефинише као доминантна величина на основу које се врши просторна интерполација.

У оквиру овог истраживања за потребе просторне интерполације карактеристичних вредности интензитета подавина, одређеног трајања и вероватноће појаве, за локацију тежишта анализираних слива, чији је излазни профил дефинисан локацијом путног пропуста, коришћена је метода Inverse Distance Weighting (IDW), или у преводу на српски, метода инверзних отежаних растојања. Метода IDW је развијена у оквиру научног пројекта Лабораторије за компјутерску графику и просторне анализе Универзитета Харвард (енг. Harvard Laboratory for Computer Graphics and Spatial Analysis) од стране тада још увек недипломираног инжињера Доналда Шепарда (енг. Donald Shepard). На основу основног географског принципа, Шепард је формирао основну претпоставку да утицај неке мерене станице на вредност тражене величине за одређену локацију обрнуто пропорционално међусобном растојању између мерне станице и анализираних локација, што је и објавио у научном раду [119].

Основа више метода просторне интерполације се заснива на томе да се непозната вредност  $Z^*$  у тачки  $k$  одређује као отежана сума вредности  $Z_i$  околних  $n$  мерних станица [120]:

$$Z^* = \sum_{i=1}^n \lambda_i * Z_i \quad (3-43)$$

где је:

$\lambda_i$  – тежински коефицијент тачке  $i$  која има вредност  $Z_i$  и налази се на растојању  $d_i$  у односу на анализирану тачку  $k$ .

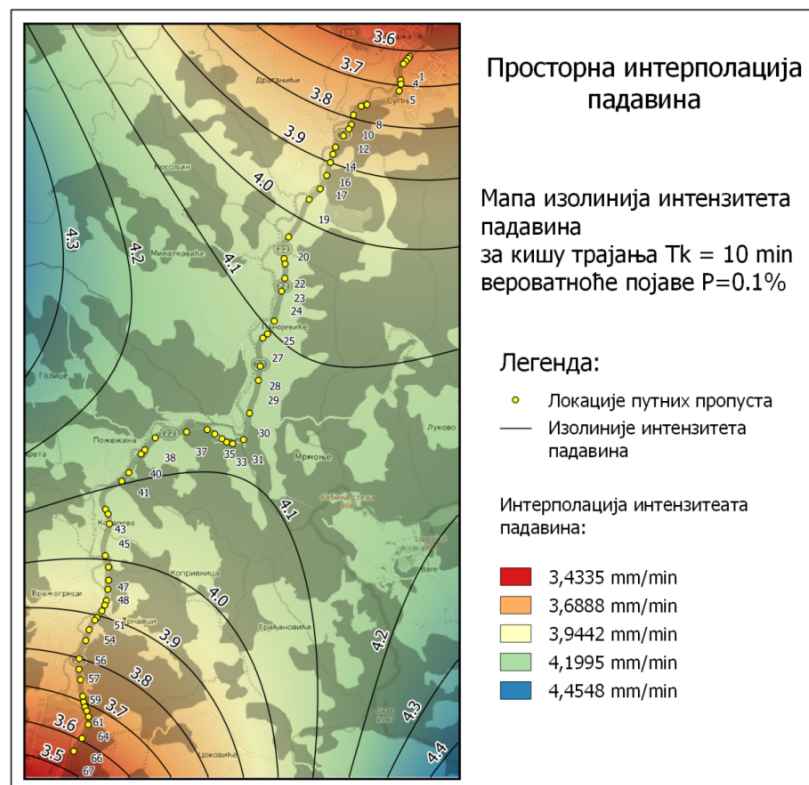
Метода IDW одређује тежинске коефицијенте као реципрочне вредности растојања између мерне станице и локације тачке  $k$  подигнуту на степен  $p$ :

$$\lambda_i = \frac{1}{d_i^p} \quad (3-44)$$

Из једначине (3-44) се види Шепардова идеја о обрнутој пропорционалности растојања и утицаја неке мерне станице. Према претходној једначини, станице које се налазе ближе, односно које имају мању вредност растојања  $d_i$ , имаће већу вредност количника  $1/d_i^p$ , а самим тим и већу вредност тежинског коефицијента. Односно утицај неке мерне станице опада реципрочно са повећавањем вредности растојања између те станице и анализираних локација.

Вредност степеног параметра  $p$  се одређује на основу унакрсне валидације између мерних станица. Стручна литература даје препоруке за усвајање овог параметра [121], који се користи за прилагођавање интерполационе функције постојећој расподели података између мерних станица.

За потребе примене хидролошког модела на експерименталној деоници пута, проблем просторне интерполације интензитета падавина одређеног трајања  $T_k$  и вероватноће појаве  $P$  за сваку појединачну локацију путног пропуста решен је применом IDW методе просторне интерполације. На основу ИТП кривих са 12 кишомерних станица, описаних у поглављу 2.3, у околини експерименталне деонице пута, применом метода IDW извршена је просторна интерполација за различите вредности интензитета падавина  $i$  ( $mm/min$ ), одређене према стандардним вредностима вероватноће појаве  $P = 0,1; 1; 2; 5; 10; 20$  и  $50\%$  и вредностима трајања кише  $T_k = 10, 20, 30, 60, 120$  и  $180 min$ . Наведеним поступком су формиране 42 интерполационе површи, које репрезентују резултате примене методе IDW за седам карактеристичних вредности вероватноће појаве и шест карактеристичних трајања рачунске кише.



Слика 3-23: Пример резултата просторне интерполације интензитета падавина

Резултат просторне интерполације вредности интензитета падавина је интерполациона површ, Слика 3-23, са које се одређују вредности интензитета падавина за локације тежишта сливова чији излазни профили су дефинисани локацијом путних пропуста. Формирањем интерполационих површи за 42 вредности интензитета падавина и читавањем вредности интензитета за локације тежишта сливова формиране су ИТП криве за бујични слив сваког путног пропуста.

Применом методе IDW просторне интерполације одређене су ИТП криве за локације тежишта узводног слива сваког од 67 анализираних путних пропуста на експерименталној деоници пута. Пример карактеристичних вредности интензитета киша кратког трајања за локацију слива путног пропуста број 1, на стационажи пута km 236+787,98, су приказане у наредној табели.

Табела 3-7: Табеларни приказ ИТП кривих за локацију слива пропуста бр.1

$i$ (mm/min)	$P \%$						
$t_k$ (min)	0,1	1	2	5	10	20	50
10	3,620	2,527	2,260	1,930	1,693	1,454	1,104
20	2,288	1,598	1,429	1,220	1,070	0,919	0,698
30	1,708	1,192	1,066	0,910	0,798	0,686	0,521
60	1,009	0,704	0,630	0,538	0,472	0,405	0,308
120	0,584	0,408	0,365	0,311	0,273	0,235	0,178
180	0,422	0,295	0,264	0,225	0,197	0,170	0,129

У Прилогу 5 су дати подаци о интензитетима киша кратког трајања одређени на основу просторне интерполације податка са околних падавинаских станица за сваки од 67 анализираних бујичних сливова на експерименталној деоници пута. Неведени подаци су коришћени као улазни подаци хидролошког модела за потребе одређивања ефективних падавина и дефинисање хидрограма површинског отицаја са слива.

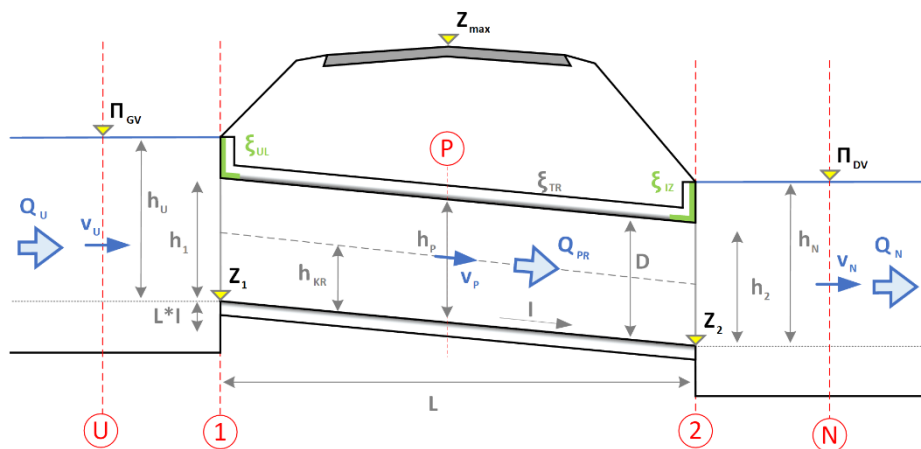
### 3.3. Методе хидрауличког модела

Метода које су коришћене за потребе формирања хидрауличког модела, у оквиру овог истраживања, су изабране тако да могу да опишу процесе који се одвијају у пресеку путног пропуста када наилази хидрограм отицаја са узводног бујичног слива. Поред моделовања пропусне моћи путног пропуста у новоизграђеном стању, у овом истраживању извршено је и моделовање пропусне моћи путног пропуста у постојећем (експлатационом) стању, када је пропуст у одређеној мери запуњен каменим наносом. Формирање свеобухватног модела захтева и примену методе која ће одредити зависност између хидрограма отицаја са бујичног слива и пропусне моћи путног пропуста, на основу које се могу радити прорачуни везани за вероватноћу појаве и ризик.

*Метод: НУ-8*

Одређивање криве протицаја путног пропуста извршено је применом НУ-8 методе [122]. Крива протицаја, у литератури позната као Q-N крива, приказује функционалну зависност између протока и нивоа воде. У оквиру овог истраживања за потребе анализе појаве преливања воде преко саобраћајнице, крива протока приказује зависност протицаја у зависности од нивоа воде са узводне стране пропуста, горње воде пропуста. Позиционирање криве протицаја на узводну страну пропуста условљено је дефиницијом појаве преливања воде преко саобраћајнице, према којој преливање воде почиње оног тренутка када ниво воде са узводне стране пута буде једнак или већи од висинске коте завршног слоја коловоза у профилу путног пропуста.

Објашњење хидрауличког прорачуна течења воде у путним пропустима захтева дефинисање основних величина које утичу на течење и фигурирају у једначинама којима се течење у пропустима описује.



Слика 3-24: Скица карактеристичних величина за прорачун путних пропуста

На Слици 3-24 фигурирају следеће карактеристичне величине:  $Z_1$  и  $Z_2$  – представљају висинске коте улаза и излаза пропуста респективно, с тим да је:  $Z_1 = Z_2 + L * I$ ;  $\Pi_{GV}$  и  $\Pi_{DV}$  – висинске коте горње и доње воде пропуста;  $Z_{max}$  – висинска кота завршног слоја коловоне конструкције у профилу путног пропуста;  $L$  – дужина пропуста;  $I$  – нагиб пропуста, такав да је:  $I = (Z_1 - Z_2)/L$ ; рачунски пресеци:  $U$ , 1,  $P$ , 2 и  $N$ ;  $h_U$ ,  $h_1$ ,  $h_P$ ,  $h_2$  и  $h_N$  – представљају дубине воде у рачунским пресецима;  $v_U$ ,  $v_P$  и  $v_N$  – брзине течења воде у рачунским профилима  $U$ ,  $P$  и  $N$ ;  $h_{KR}$  – критична дубина за путни пропуст;  $D$  – висина путног пропуста, за цевасте путне пропусте то је пречник пропуста;  $Q_U$  – протицај воде који долази узводним каналом до улазног дела пропуста;  $Q_N$  – протицај који одлази низодним каналом од излазног дела пропуста и  $Q_{PR}$  – протицај који пролази кроз путни пропуст.

Одређивање криве протицаја путног пропуста своди се на формирање зависности између протицаја путног пропуста  $Q_{PR}$  и висинске коте горње воде  $\Pi_{GV}$  (или дубине воде  $h_U$ ). Проблем у одређивању ове зависности произилази из чињенице да протицајни капацитет пропуста може бити контролисан са узводне стране (енг. Inlet control) или са низводне стране (енг. Outlet control) пропуста [5]. Проток кроз путни пропуст се одређује за различите случајеве течења применом принципа критичног протицајног профила. Принцип критичног протицајног профила се базира на идеји да је протицај пропуста, као хидротехничког објекта, диктиран протицајем у критичном профилу, односно у профилу са најмањим протицајним капацитетом са хидрауличког аспекта. Према овом принципу, профил са хидраулички најнеповољнијим условима течења диктира протицај читавог хидротехничког објекта. У зависности од тога са које стране пропуста се налази критични протицајни профил, у зависности од међусобних режима течења узводног тока, тока у пропусту и низводног тока, може се одредити да ли је течење у пропусту под контролом са узводне стране (критични профил се налази у пресецима  $U$  или 1 на Слици 3-24) или под контролом са низводне стране пропуста (критични профил се налази у пресецима 2 или  $N$  на Слици 3-24) [123].

Протицај кроз путни пропуст је под узводном контролом уколико пропуст и низводни канал могу да спроведу већу количину воде него што улазни део пропуста може да прими, односно излазни део објекта има већи протицајни капацитет од улазног дела објекта [124]. Наведено практично значи да вода брже протиче кроз пропуст и кроз низводни канал него што утиче у пропуст, односно важи да је:  $v_U < v_P \wedge v_N$ , са Слике 3-24. Код пропуста који су под узводном контролом протицаја течење у пропусту је увек са слободном површином, критична дубина се остварује на улазном делу пропуста и режим течење кроз пропуст је буран. Због великих брзина течења које се остварују у пропусту приликом течења у бурном режиму, хидраулички услови течења низводно од контролног профила не утичу на протицајни капацитет пропуста.



Течење под низводном контролом протицаја се јавља у случајевима када улазни део пропуста може да прими већу количину воде него што тело пропуста и низводни канал могу да спроведу, односно улазни део објекта има већи протицајни капацитет од излазног дела. Наведено практично значи да вода може брже да утиче у пропуст него што може да истекне из њега, односно важи да је:  $v_U > v_P \wedge v_N$ , са Сlike 3-24. Код пропуста који су под низводном контролом протицаја, контролни профил се налази са низводне стране објекта, а у телу пропуста се одвија течење са слободном површином у мирном режиму или течење под притиском. Услед малих брзина течења у мирном режиму, сви низводни поремећаји се преносе у узводном правцу, па на течење у овом режиму утиче већи број фактора.

Табела 3-8: Фактори који утичу на контролу течења у пропусту

Фактори	Узводна контрола протицаја:	Низводна контрола протицаја:
Дубина или ниво горње воде: $h_U$ или $P_{GV}$	X	X
Дубина или ниво доње воде: $h_N$ или $P_{DV}$	/	X
Обликовање улазног дела пропуста	X	X
Површина попречног пресека пропуста	X	X
Облик попречног пресека пропуста	X	X
Дужина пропуста: $L$	/	X
Храпавост пропуста	/	X
Пад пропуста: $I$	X	X

У Табели 3-8 су приказани најзначајнији фактори који утичу на контролу протицаја у путном пропусту течењем воде са слободном површином. Међу наведеним факторима веома велики утицај има пад пропуста  $I$  који директно одређује режим течења унутар путног пропуста.

Режим течења у пропусту, као и у узводном и низводном каналу, зависи од односа инерцијалних и гравитационих утицаја у току [125] и изражава се помоћу Фрудовог броја (енг. Froude number):

$$F_r = \frac{Q^2 B}{g A^3} = \frac{v^2}{g A/B} = \frac{v^2}{g h_{sr}} \quad (3-45)$$

где је:

$F_r$  – Фрудов број;  $Q$  – проток;  $B$  – ширина воденог огледала канала са слободном површином течења;  $g = 9,81 \text{ m/s}^2$  – гравитационо убрзање;  $A$  – површина протицајног пресека;  $v$  – средња профилна брзина течења воде;  $h_{sr}$  – средња хидрауличка дубина, више о овој величини се може наћи у литератури [5].

Вредност Фрудовог броја врши разграничење три режима течења у каналима са слободном површином:

- миран режим течења, или мирно струјање:  $F_r < 1$
- критичан режим течења, или критично струјање:  $F_r = 1$
- буран режим течења, или бурно струјање:  $F_r > 1$ .

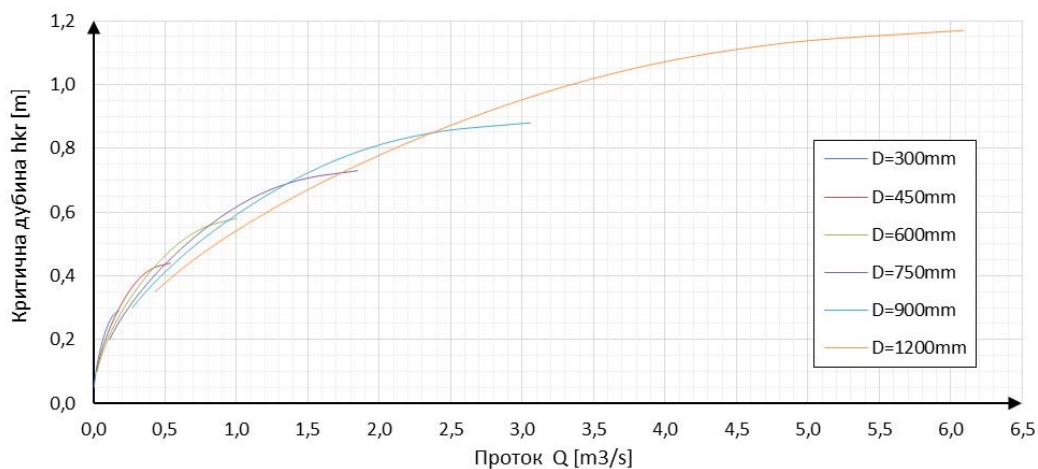
У америчким прописима, на основу којих је формирана метода NY-8, разграничење између бурног и мирног режима течења врши се на основу вредности критичног нагиба пропуста,  $I_{kr}$ . Одређивање критичног нагиба пропуста, за течење у пропусту са слободном површином, израчунава се према једначини (3-46), која је изведена за критичан режим течења изједначавањем једначине за Фрудов број са Шези- манинговом једначином [125]:

$$I_{kr} = \frac{n^2 g O_{kr}^{4/3}}{B_{kr} A_{kr}^{1/3}} \quad (3-46)$$

где је:

$I_{kr}$  – критични нагиб пропуста са течењем са слободном површином;  $n$  – Манингов коефицијент трења, у Прилогу 6 дате су вредности за различите врсте пропуста;  $O_{kr}$  – оквашени обим за вредност критичне дубине воде у пропусту;  $B_{kr}$  – ширина воденог огледала за вредност критичне дубине воде у пропусту;  $A_{kr}$  – површина протицајног пресека за вредност критичне дубине воде у пропусту.

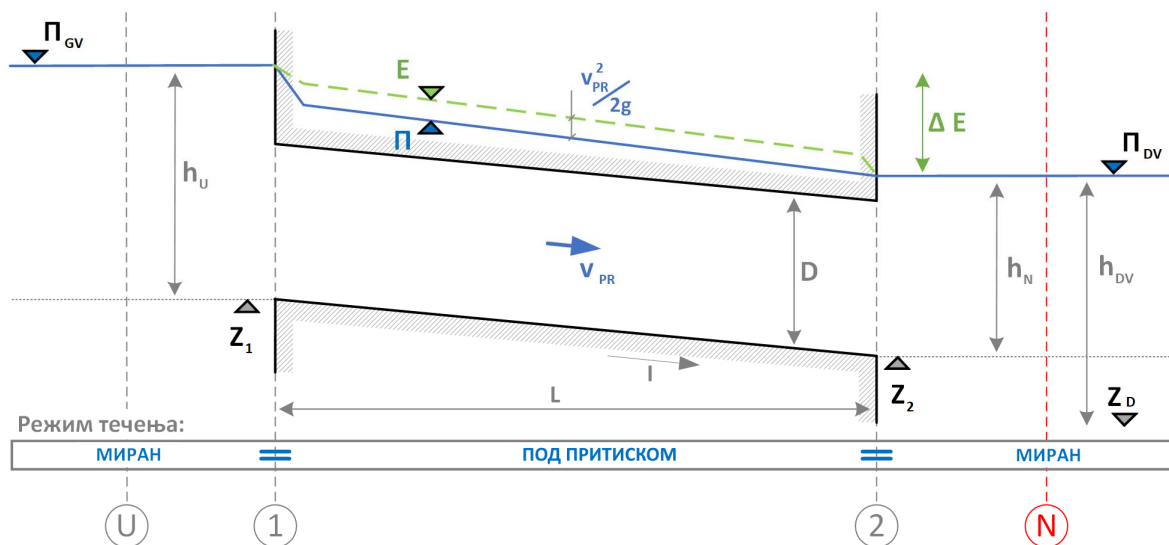
У оквиру америчких правилника за хидраулички прорачун пропуста дате су криве за одређивање критичне дубине у зависности од протицаја за различите облике попречног пресека пропуста. На Графикону 3-13 је приказан један пример дијаграма са кога се за познату вредност протицаја и познати пречник цевастог пропуста може одредити критична дубина. У Прилогу 7 су дати дијаграми за одређивање критичне дубине за цевасте, плочасте (правоугаоне) и засведене пропусте.



Графикон 3-13: Дијаграми за одређивање критичне дубине за цевасте пропусте

За познату критичну дубину  $h_{kr}$ , одређену из дијаграма у Прилогу 7, према једначини (3-46) може се одредити вредност критичног пада  $I_{kr}$  према којој се може одредити да ли ће анализирани пропуст бити под узводном или низводном контролом протицаја.

Приказаном процедуром успостављена је веза између америчких стандарда за прорачун пропуста, који посматрају узводну и низводну контролу протока, и основних хидрауличких принципа, који разликују миран и буран режим течења. Проблематика хидрауличног моделовања течења у путним пропустима је веома компликована и укључује велики број различитих фактора. Управо из тог разлога Америчка агенција за транспорт и њена федерална јединица за аутопутеве развили су методу НУ-8 која групише могуће случајеве течења кроз путни пропуст у осам карактеристичних случајева. Протицај путног пропуста се одређује дефинисањем контролног пресека, у коме се може успоставити директна зависност између неке величине и протицаја, који је најчешће и критични поресек, који диктира протицај читавог објекта. За сваки карактеристични случај наведена је и метода којом се одређује вредност горње воде потребна за формирање криве протицаја путног пропуста.



Слика 3-25: Први карактеристични случај течења за путни пропуст

Први карактеристични случај течења за путни пропуст представља случај када је успостављен миран режим течења у узводном каналу, у путном пропусту и у низводном каналу. Утицање воде у путни пропуст је потопљено, према услову да је  $h_U > 1,5 * D$ , а истицање воде из пропуста је такође потопљено,  $h_N > D$ . Протицај путног пропуста је под контролом са низводне стране, а контролни профил је профил  $N$ . Низводни гранични услов се задаје као познати протицај  $Q_N$  или као познати ниво воде  $\Pi_{DV}$  у профилу  $N$ . За познати ниво  $\Pi_{DV}$  протицај се одређује према Shezy-Manning-овој једначини за једнолико течење, под

претпоставком да дубина воде  $h_{DV} = \Pi_{DV} - Z_D$  представља нормалну дубину течења у низводном каналу:

$$Q_N = \frac{1}{n_N} A_N R_N^{\frac{2}{3}} \sqrt{I_N} \quad (3-47)$$

где је:

$n_N$  – Manning-ов коефицијент храпавости корита код отворених токова, Прилог 8;  $A_N$  – површина протицајног пресека низводног отвореног канала;  $R_N = A_N/O_N$  – представља хидраулички радијус низводног корита и одређује се као количник површине протицајног пресека и дужине оквашеног обима;  $I_N$  – представља нагиб дна низводног канала. У случају да је низводним граничним условом задат протицај  $Q_N$ , ниво воде у низводном каналу  $h_{DV}$  се одређује на основу једначине (3-47) итеративним прорачуном за различите вредности нормалних дубина.

Ниво горње воде  $\Pi_{GV}$  се одређује у односу на познату вредност коте доње воде  $\Pi_{DV} = Z_D + h_{DV} = Z_2 + h_N$  (Слика 3-25) применом једначине механичке енергије по јединици тежине или Бернулијеве енергетске једначине између пресека  $U$  и  $N$ :

$$\Pi_{GV} + \frac{v_U^2}{2g} = \Pi_{DV} + \frac{v_N^2}{2g} + \Delta E \quad (3-48)$$

где:

$\frac{v_U^2}{2g}$  и  $\frac{v_N^2}{2g}$  – представљају кинетичку енергију по јединици тежине или брзинске висине флуидне струје у пресецима  $U$  и  $N$ , чија је разлика занемарљиво мала за стандардне случајеве, на основу чега се анулирају;  $\Delta E$  – представља губитак енергије флуидне струје између пресека  $U$  и  $N$  и одређује се као сума локалних и линијских губитака:

$$\Delta E = (\xi_{ul} + \xi_{tr} + \xi_{iz}) \frac{v_{pr}^2}{2g} = \left( K_e + \lambda \frac{L}{D} + 1 \right) \frac{v_{pr}^2}{2g} = \left( K_e + 2gL \frac{n_{pr}^2}{R_{pr}^{1,33}} + 1 \right) \frac{v_{pr}^2}{2g} \quad (3-49)$$

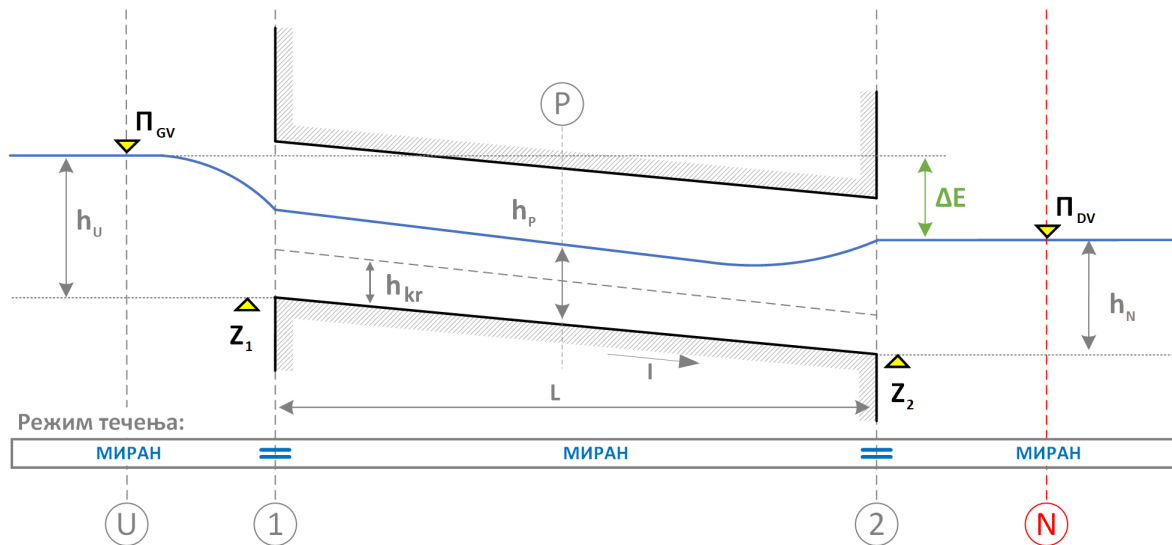
Величине у једначини (3-49):

$\xi_{ul} = K_e$  – представља коефицијент локалног губитка енергије приликом утицања воде у путни пропуст, Прилог 9 [126];  $\xi_{tr} = \lambda \frac{L}{D} = 2g L \frac{n_{pr}^2}{R_{pr}^{1,33}}$  – вредност линијских губитака;  $\lambda$  – коефицијент трења;  $L$  – дужина пропуста;  $D$  – пречник цевног пропуста;  $n_{pr}$  – Manning-ов коефицијент храпавости за пропуст, Прилог 6;  $R_{pr}$  – хидраулички радијус путног пропуста;  $v_{pr} = \frac{Q_{pr}}{A_{pr}}$  – просечна брзина течења воде у путном пропусту, количник протока кроз пропуст  $Q_{pr}$  и површине протицајног профила пропуста  $A_{pr}$ ,  $\xi_{iz} = 1$  – коэф. локалног губитка на излазу из пропуста.

Резиме првог карактеристичног случај течења за путни пропуст:

- протицај путног пропуста:  $Q_{PR} = Q_N$

- ниво горње воде:  $\Pi_{GV} = \Pi_{DV} + \left( K_e + 2g L \frac{n_{pr}^2}{R_{pr}^{1,33}} + 1 \right) \frac{v_{pr}^2}{2g} \quad (3-50)$



Слика 3-26: Други карактеристични случај течења за путни пропуст

Други карактеристични случај течења за путни пропуст представља случај мирног режим течења са слободном површином у путном пропусту. У овом случају вода слободно утиче у путни пропуст, и слободно истиче из путног пропуста. Протицај путног пропуста је под контролом са низводне стране, а контролни профил је профил  $N$ .

У овом случају протицај објекта је дефинисан низводним граничним условом који се задаје као познати протицај  $Q_N$  или као познати ниво воде  $\Pi_{DV}$  у профилу  $N$ . Према једначини (3-47) одређује се протицај  $Q_N$  за задати ниво  $\Pi_{DV}$ , под претпоставком једноликог течења у низводном каналу. Ниво воде у горњем каналу  $\Pi_{GV}$  се одређује према једначини (3-48) на основу познате вредности ниво доње воде  $\Pi_{DV}$ , уз важећу претпоставку да су брзине течења у узводном и низводном каналу једнаке на основу чега се брзинске висине анулирају. У једначини (3-48) укупни енергетски губици флуидне струје између пресека  $U$  и  $N$  се одређују као сума локалних и линијских губитака:  $\Delta E = \Delta E_{lok} + \Delta E_{lin}$ .

Локални губици енергије представљају последицу промене правца флуидних струјница и директно зависе од типа улазне и излазне грађевине, као и од односа ширине пропуста и узводног и низводног канала. Локални енергетски губици се могу исказати коефицијентом  $\xi_{lok}$  који обухвата претходно наведене утицаје, а у Прилогу 10 дата је табела са једначинама за одређивање коефицијента губитака у односу на тип пропуста [127]. Линијски губици енергије  $\Delta E_{lin}$  су директно зависни од трења дуж пропуста и одређују се као производ нагиба линије енергије  $I_e$  и дужине пропуста  $L$  [125]. Под претпоставком да се услед мирног

режима течења у пропусту остварује једнолико струјање, нагиб линије енергије се може одредити из Shezy-Manning-ове једначине, чијим се сређивањем долази до израза (3-51):

$$\Delta E_{lin} = L * I_e = L * \frac{n_{PR}^2 g Q_{PR}^{4/3}}{B_p A_{PR}^{1/3}} = \left( L * 2g * \frac{n_{PR}^2 Q_{PR}^{-2/3}}{B_p A_{PR}^{-5/3}} \right) \frac{v_p^2}{2g} \quad (3-51)$$

где је:

$n_{PR}$  – Manning-ов коефицијент трења за пропуст, коефицијенти у Прилогу 6;  $g = 9,81 \frac{m}{s^2}$  – гравитационо убрзање;  $Q_{PR}$  – протицај кроз тело пропуста;  $B_p$  – ширина воденог огледала у пропусту, у профилу  $P$ ;  $A_{PR}$  – површина протицајног профила пропуста;  $v_p$  – просечна брзина течења воде у пропусту у профилу  $P$ .

У једначини (3-51) постоје три зависно променљиве величине,  $A_{PR}$ ,  $B_p$  и  $v_p$ , и све зависе од дубине воде у профилу  $P$ . Дубина воде  $h_p$  може се одредити применом итеративног поступка на Бернулијеву једначину између пресека  $P$  и  $N$ :

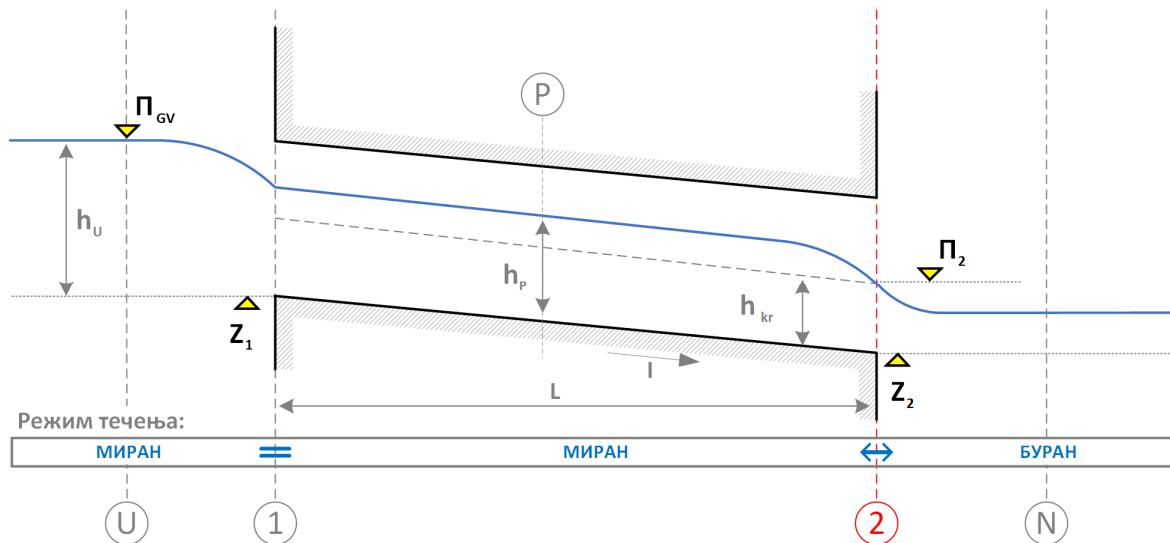
$$h_p + \frac{v_p^2}{2g} = h_N + \frac{v_N^2}{2g} + \frac{(v_p - v_N)^2}{2g} - \frac{I * L}{2} \quad (3-52)$$

где се, под претпоставком познатог протока и нивоа воде у низводном каналу, итеративним поступком одређује вредност дубине и брзине воде у профилу  $P$  који се налази на половини дужине пропуста.

Резиме другог карактеристичног случаја течења за путни пропуст:

- протицај путног пропуста:  $Q_{PR} = Q_N$

- ниво горње воде:  $\Pi_{GV} = \Pi_{DV} + \left( \xi_{lok} + L * 2g * \frac{n_{PR}^2 Q_{PR}^{-2/3}}{B_p A_{PR}^{-5/3}} \right) \frac{v_p^2}{2g} \quad (3-53)$



Слика 3-27: Трећи карактеристични случај течења за путни пропуст

Трећи карактеристични случај течења за путни пропуст представља случај мирног режима течења са слободном површином у узводном каналу и путном пропусту који прелази у буран режим течења у низводном каналу. Течење у читавом објекту је са слободном површином, где вода слободно утиче у путни пропуст, и слободно истиче из путног пропуста, при чему се у профилу 2 остварује критична дубина  $h_{kr}$ . Протицај путног пропуста је под контролом са низводне стране, а контролни профил је профил 2.

Као и код претходних случајева када је протицај путног пропуста под контролом са низводне стране, протицај читавог објекта диктира низводни гранични услов који је познат као протицај воде у низводном каналу  $Q_N$  или као ниво воде у низводном каналу  $\Pi_{DV}$  на основу кога се помоћу једначине (3-47) може одредити проток. Приликом промене режима течења, из мирног у буран режим, у профилу 2 се остварује критична дубина  $h_{kr}$  која се може одредити на основу познатог протока  $Q_N$  и физичких карактеристика пропуста (тип: цеваста, плочаста или засведен, и димензија пропуста) на основу дијаграма датих у Прилогу 7.

Ниво горње воде  $\Pi_{GV}$  се одређује на основу Бернулијеве једначине између пресека  $P$  и 2, истог облика као једначина (3-48). У Бернулијевој једначини уместо нивоа доње воде и одговарајуће јој брзинске висине, фигурирају величине у пресеку 2:  $\Pi_2 = Z_2 + h_{kr}$  и  $\frac{v_2^2}{2g}$ , где се брзина течења у профилу 2 одређује из једначине континуитета:  $v_2 = Q_N/A_2$ , где је на основу познате вредности  $h_{kr}$  одређена вредност површине протицајног профила  $A_2$ .

Губици енергије флуидне струје се одређују, као и у претходном случају, као сума локалних и линијских губитака:  $\Delta E = \Delta E_{lok} + \Delta E_{lin}$ . Локални губици енергије се одређују на основу коефицијента  $\xi_{lok}$ , чије одређивање се врши на основу једначина из Прилога 10. Линијски губици енергије се одређују према једначини (3-51). У пресеку  $P$  дубина воде  $h_p$  може се одредити применом итеративног поступка на Бернулијеву једначину између пресека  $P$  и 2:

$$h_p + \frac{v_p^2}{2g} = h_N + \frac{v_2^2}{2g} + \frac{(v_2 - v_p)^2}{2g} - \frac{I * L}{2} \quad (3-54)$$

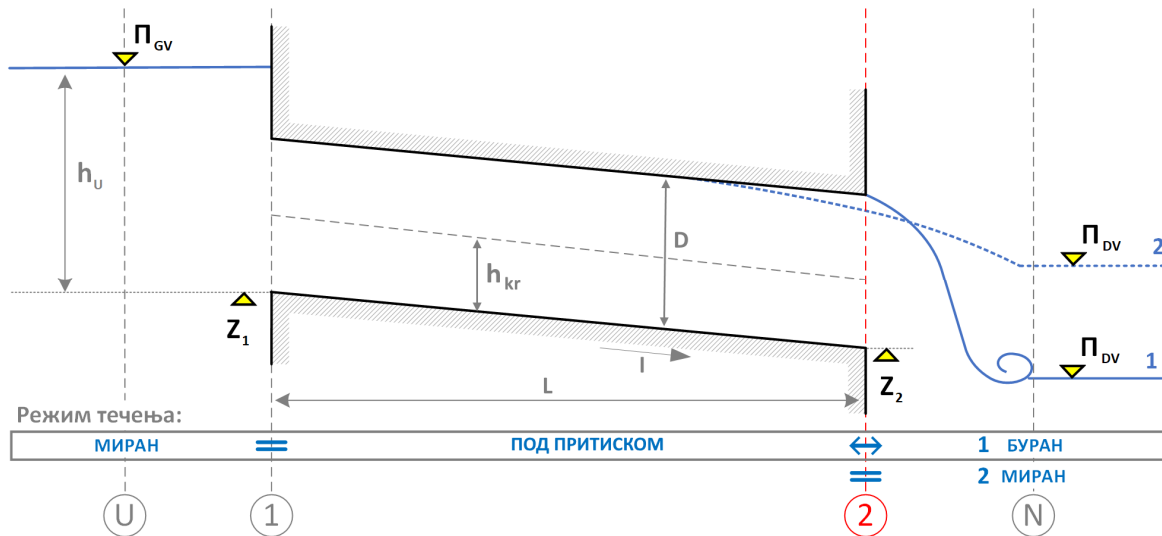
где се, под претпоставком познатог протока и нивоа воде у профилу 2, итеративним поступком одређује вредност дубине и брзине воде у профилу  $P$  који се налази на половини дужине пропуста.

Резиме трећег карактеристичног случаја течења за путни пропуст:

- протицај путног пропуста:  $Q_{PR} = Q_N$

- ниво горње воде:  $\Pi_{GV} = \Pi_2 + \left( \xi_{lok} + L * 2g * \frac{n_{PR}^2 Q_{PR}^{-2/3}}{B_p A_{PR}^{-5/3}} \right) \frac{v_p^2}{2g} \quad (3-55)$





Слика 3-28: Четврти карактеристични случај течења за путни пропуст

Четврти карактеристични случај течења за путни пропуст приказује случај течења под притиском у телу пропуста, са потопљеним утицањем воде у пропуст и са истицањем са слободном површином. режим течења у узводном је миран, у пропусту под притиском, док режим течења у низводном каналу зависи од нивоа доње воде и може бити буран или миран. Протицај путног пропуста је под контролом са низводне стране, а контролни профил је профил 2.

Наведени карактеристични случај приказује протицај пуног профила путног пропуста, а приказана два карактеристична нивоа доње воде праве разлику између тога да ли је истицање из пропуста слободно, ниво доње воде мањи од критичног, ниво  $\Pi_{DV}$  за случај 1, или је ниво доње воде већи од критичног, ниво  $\Pi_{DV}$  за случај 2. У зависности од наведених односа имамо два начина за одређивање П-коте у пресеку 2:

$$\Pi_2 = \begin{cases} \Pi_{DV}, & \Pi_{DV} \geq h_{kr} + Z_2 \\ \frac{(D + h_k)}{2} + Z_2, & \Pi_{DV} < h_{kr} + Z_2 \end{cases} \quad (3-56)$$

У приказаном случају вода протиче кроз пун протицајни профил пропуста, а проток је једнак протицају који отиче низводним каналом и који се задаје као низводни гранични услов  $Q_N$ . На основу познатих геометријских карактеристика пропуста и познатог протицаја, вредност критичне дубине се одређује на основу дијаграма датих у Прилогу 10. За познату вредност критичне дубине  $h_{kr}$  и вредност нивоа доње воде  $\Pi_{DV}$ , која се може одредити на основу познатог протока из једначине (3-47), вредност П-коте у профилу 2 се одређује према једначини (3-56).

Вредност коте горње воде  $\Pi_{GV}$  се одређује на основу Бернулијеве енергетске једначине између пресека  $U$  и  $2$ , према једначини (3-48) прилагођено овом

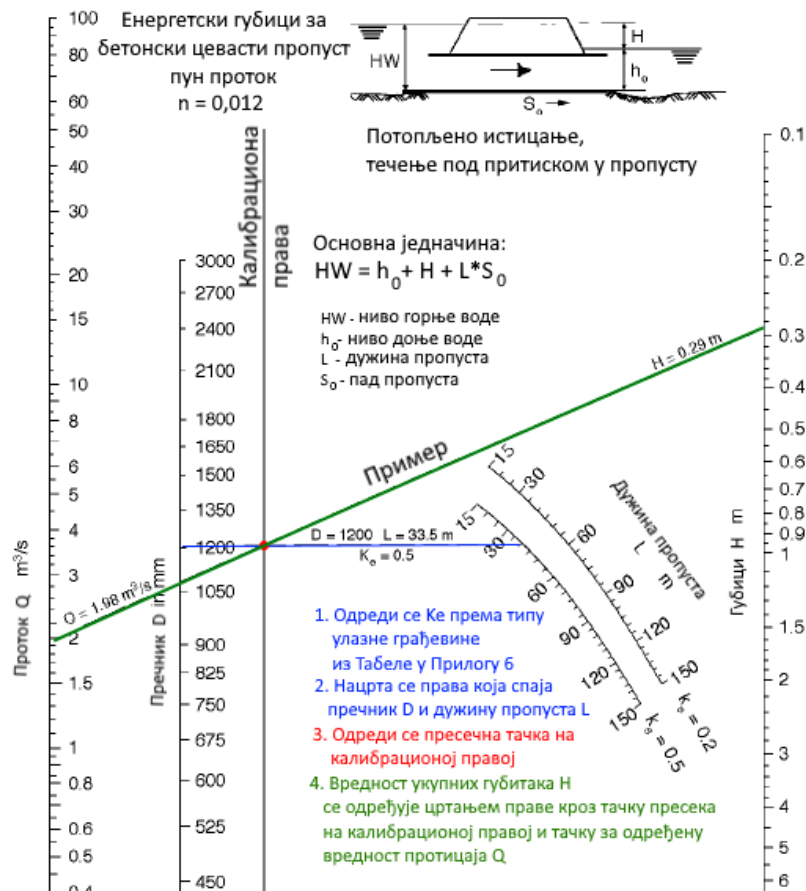
случају, уз занемарење узводне брзине течења. Укупни енергетски губици се одређују према једначини (3-49) прилагођеној овом случају, уз искључивање коефицијента локалних губитака на излазу који не фигурирају у анализираном случају.

Резиме четвртог карактеристичног случаја течења за путни пропуст:

- протицај путног пропуста:  $Q_{PR} = Q_N$

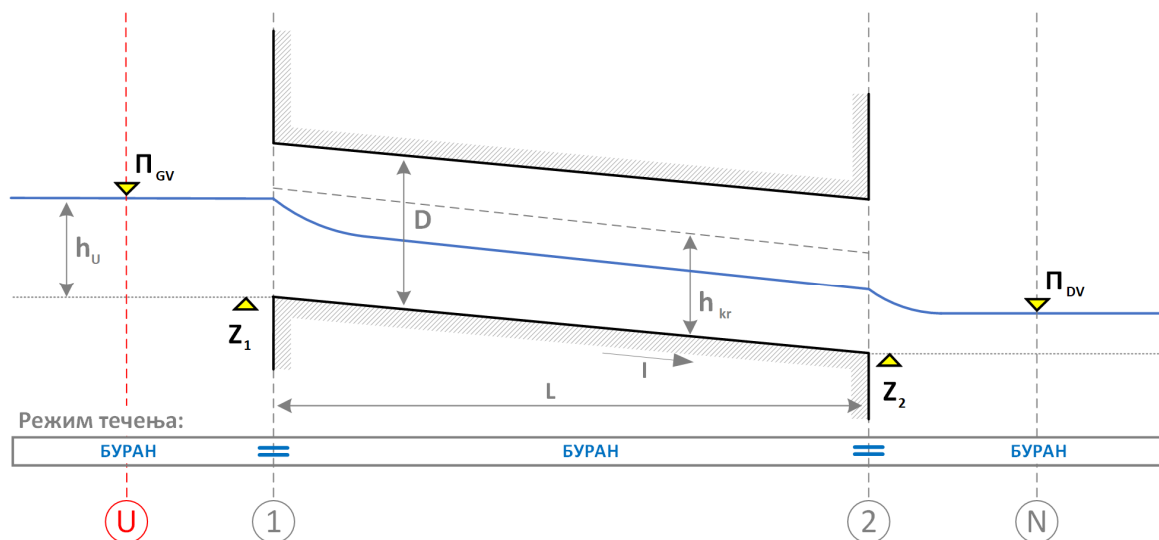
- ниво горње воде:  $\Pi_{GV} = \Pi_2 + \left(1 + K_e + 2g L \frac{n_{pr}^2}{R_{pr}^{1,33}}\right) \frac{v_{pr}^2}{2g}$  (3-57)

Претходно приказани прорачуни базирају се на основним принципима механике флуида са емпиријски одређеним вредностима појединих коефицијената. Други начин за хидраулички прорачун путних пропуста базира се на примени типских номограма. Наведени принцип је веома заступљен у стручној литератури за пројектовање путних пропуста у Сједињеним Америчким Државама [5,122,124,126]. Номограми представљају дијаграме помоћу којих се графичким поступком врши прорачун одређених вредности. Формирање номограма је извршено на основу великог броја експерименталних података и у предрачунарској ери ови дијаграми су значајно олакшавали инжењерске прорачуне.



Слика 3-29: Пример употребе номограма за пропуст са низводном контролом

Пример употребе номограма за прорачун нивоа горње воде за цевасте бетонски пропуст са низводном контролом протицаја приказан је на Слици 3-29 са описом процедуре прорачуна. Битно је нагласити да се за различите типове пропуста и различите врсте контроле протока користе различити номограми. Номограми за цевасте, плочасте и засведене пропусте са низводном контролом течења дати су у Прилогу 11.

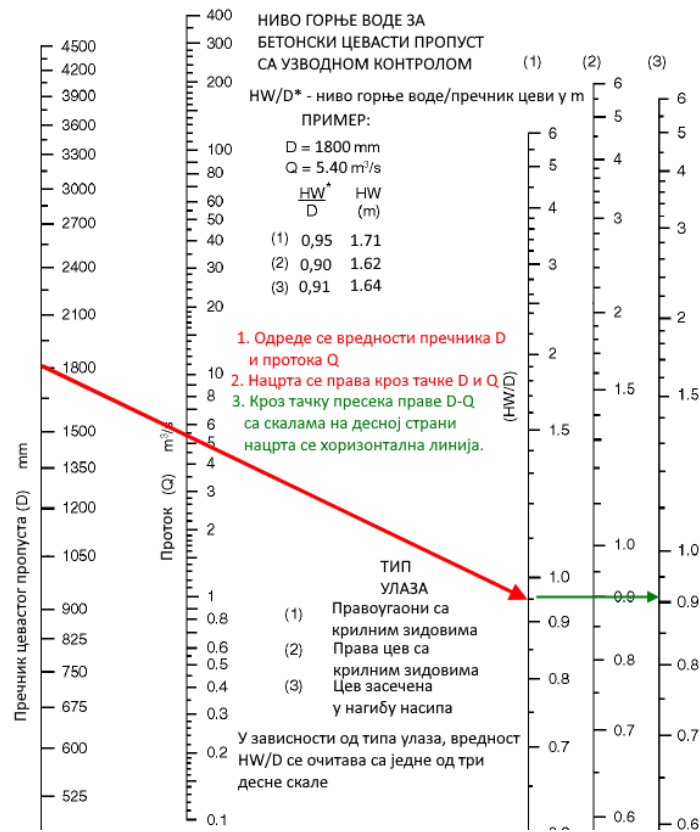


Слика 3-30: Пети карактеристични случај течења за путни пропуст

Пети карактеристичан случај течења за путни пропуст карактерише узводна контрола протицаја. Наведено значи да је протицајни капацитет пропуста већи од дотицаја узводног канала услед чега сва дотекла количина воде бива спроведена кроз тело пропуста. Узводна контрола течења се јавља код пропуста са нагибом већим од вредности критичног нагиба  $I_{kr}$ , који се одређује према једначини (3-46). Приказани случај течења карактерише буран режим течења, како у телу пропуста, тако и у узводном и низводном каналу, услед чега се остварује течење са слободном површином дуж читавог објекта.

Контролни профил је профил  $U$ , услед чега је протицај пропуста одређен дотоком из узводног канала. Узводни гранични услов се задаје као позната вредност протицаја у узводном каналу  $Q_U$ , или као познати ниво воде у узводном каналу  $\Pi_{GV} = z_1 + h_u$ , који се може одредити на основу познатог протока према једначини (3-47) за профил  $U$ . Дубина воде са узводне стране пропуста  $h_u$  може се одредити и применом номограма.

Номограми за пропусте са контролом протицаја са узводне стране одређују бездимензионални однос дубине воде са узводне стране у односу на висину пропуста  $h_u/D$ , односно  $HW/D$  како је означено на номограму, на основу пречника/висине пропуста и протицаја у узводном каналу.



Слика 3-31: Пример употребе номограма за пропуст са узводном контролом

Вредност односа  $\frac{HW}{D}$  зависи од типа и обликовања улазне грађевине пропуста, услед чега су на примеру са Сликe 3-31 одређене три вредности односа  $\frac{HW}{D}$  за три различита типа улазног дела пропуста. За овако одређену вредност односа  $\frac{HW}{D}$ , кота горње воде се одређује као:

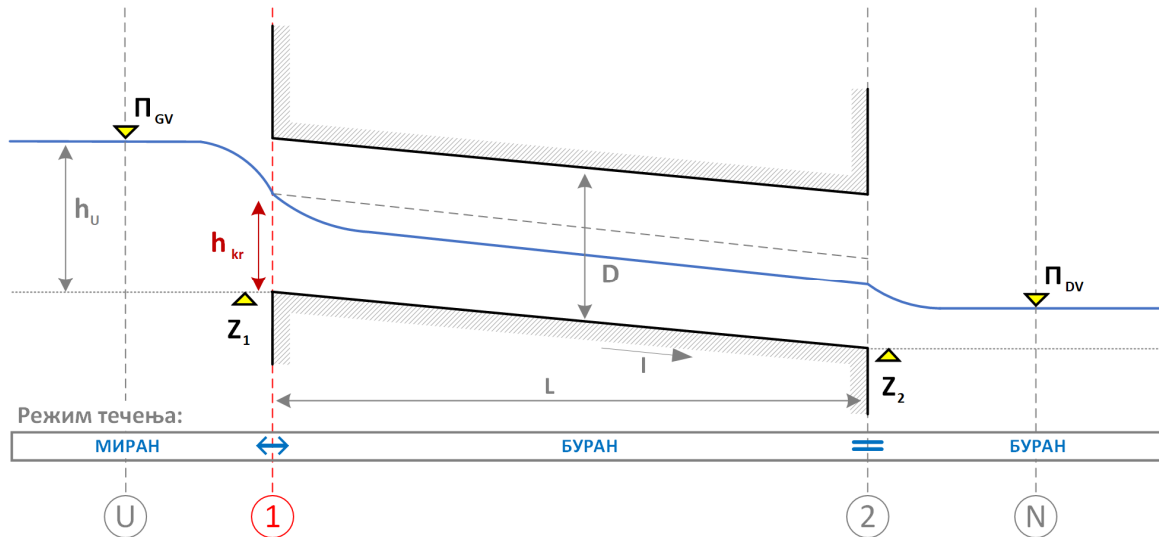
$$\Pi_{GV} = Z_1 + h_U = Z_1 + \frac{HW}{D} * D \quad (3-58)$$

Резиме петог карактеристичног случаја течења за путни пропуст:

- протицај путног пропуста:  $Q_{PR} = Q_U$
- ниво горње воде: из јед. (3-47) или номограм и јед. (3-58)

Номограми за одређивање укупних енергетских губитака за различите типове пропуста (цевасте, плочасте и засведене пропусте), ако и за различите материјале од којих су пропусти изведени (бетон, метал и пластика), за путне пропусте са узводном контролом протока дати су у Прилогу 12.

Шести карактеристични случај течења за путни пропуст јесте случај са мирним режимом течења у узводном каналу и бурним режимом течења у телу пропуста и низводном каналу, при чему се остварује течење са слободном површином дуж читавог објекта.



Слика 3-32: Шести карактеристични случај течења за путни пропуст

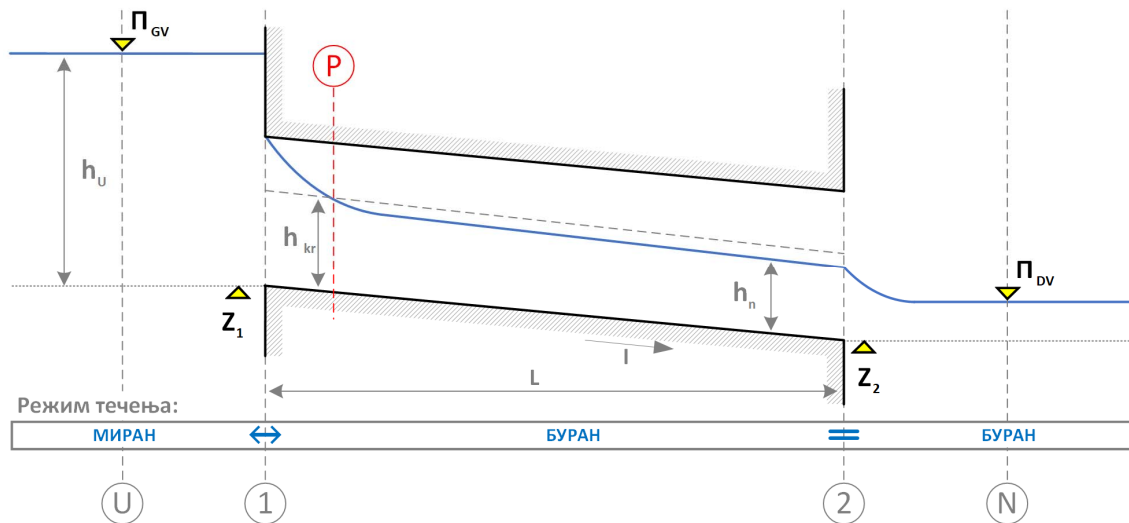
У приказаном случају на Слици 3-32 течење у пропусту је под контролом са узводне стране пропуста, а контролни профил је профил 1 у коме се остварује критична дубина  $h_{kr}$  услед промене режима течења из мирног, у узводном каналу, у буран режим течења у телу пропуста. Узводна контрола протицаја подразумева задавање узводног граничног услова у виду познате вредности протицаја у узводном каналу  $Q_U$  или познатог нивоа воде  $\Pi_{GV}$ , који су међусобно дефинисани преко једнакости (3-47).

На основу познате вредности протицаја, за одређени тип путног пропуста и познате димензије протицајног профила, према дијаграмима у Прилогу 7 могуће је одредити вредност критичне дубине  $h_{kr}$  која се остварује у профилу 1. Прорачун нивоа горње воде је доста сличан претходном случају и одређује се према номограмима у Прилогу 12, са том разликом да се уместо висине  $D$  на номограму наноси вредност критичне дубине  $h_{kr}$ . Процедура читавања односа  $HW/D$  са номограма је идентична као за претходно описани случај, са том разликом што се на крају одређени однос  $HW/D$  множи са вредношћу критичне дубине.

Резиме шестог карактеристичног случаја течења за путни пропуст:

- протицај путног пропуста:  $Q_{PR} = Q_U$

- ниво горње воде: номограм  $(h_{kr}, Q_{PR}) \rightarrow \frac{HW}{D} \rightarrow \Pi_{GV} = Z_1 + \frac{HW}{D} * h_{kr}$  (3-59)



Слика 3-33: Седми карактеристични случај течења за путни пропуст

За седми карактеристични случај течења специфично је потопљено утицање воде у путни пропуст,  $h_U > 1,5 * D$ , након чега се дуж остатка објекта остварује течење са слободном површином у пропусту са узводном контролом протицаја. Режим течења у узводном каналу је миран, док се у телу пропуста и низводном каналу остварује буран режим течења. Непосредно после улазног профила 1 остварује се критична дубина, у контролном профилу  $P$ .

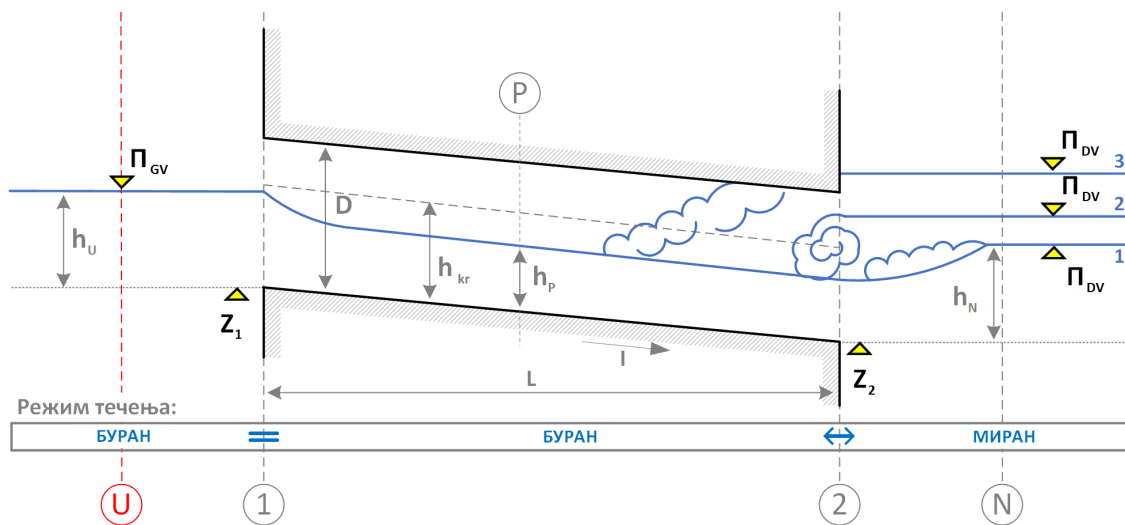
На основу узводног граничног услова, који се задаје као познати протицај  $Q_U$ , за познате димензије путног пропуста, са одговарајућег дијаграма из Прилога 7 могуће је одредити вредност критичне дубине  $h_{kr}$  која се остварује у пресеку  $P$ . Под претпоставком да се дуж пропуста остварује једнолико течење, у излазном профилу 2 биће остварена нормална дубина течења  $h_n$ , која се може одредити на основу Shezy- Manning-ове једначине (3-47) написане за профил 2.

Кота нивоа горње воде  $\Pi_{GV}$  се одређује на основу Бернулијеве једначине између пресека  $U$  и 2 према једначини (3-55), уз претпоставку да је брзина течења у пропусту  $v_2$ , која фигурира у члану брзинске висине, а одређује се на основу једначине континуитета  $v_2 = Q_{PR}/A_2$ . Сви потребни коефицијенти се одређују као за једначину (3-55). Ниво воде у профилу 2 одређује се на основу нормалне дубине  $h_n$  и познате висинске коте дна излаза пропуста  $Z_2$ , као  $\Pi_2 = Z_2 + h_n$ .

Резиме седмог карактеристичног случаја течења за путни пропуст:

- протицај путног пропуста:  $Q_{PR} = Q_U$

- ниво горње воде: 
$$\Pi_{GV} = \Pi_2 + \left( \xi_{lok} + L * 2g * \frac{n_{PR}^2 Q_{PR}^{-2/3}}{B_p A_{PR}^{-5/3}} \right) \frac{v_2^2}{2g}$$



Слика 3-34: Осми карактеристични случај течења за путни пропуст

Осми карактеристичан случај течења за путни пропуст представља случај са бурним режимом течења у узводном каналу и телу пропуста, под контролом са узводне стране, и миран режим течења у низводном каналу. Услед промене режима течења из бурног у миран долази до појаве хидрауличког скока.

Обзиром да је објекат под узводном контролом, протицај пропуста дефинисан је узводним граничним условом, односно протицајем у узводном каналу  $Q_U$ . На основу познате геометрије пропуста и вредности улазног протицаја, са дијаграма у Прилогу 7, може се одредити вредност критичне дубине  $h_{kr}$ . Ниво горње воде  $\Pi_{GV}$  се одређује из Shezy-Manning-ове једначине (3-47) за узводни канал.

Иако се овде приказани случај течења, Слика 3-34, жели избећи у пракси, јер је веома неповољан са аспекта трајности објекта, веома је битно одредити положај хидрауличког скока који се јавља. Под претпоставком једноликог течења у путном пропусту, на основу једначине (3-47) за профил  $P$  може се одредити вредност нормалне дубине у путном пропусту  $h_n = h_p$ . Одређивање положаја хидрауличког скока врши се на основу функције хидрауличког скока [125], поређењем вредности рачунски одређене „спрегнуте дубине“  $h_s$  и вредности дубине воде у низводном каналу  $h_N = \Pi_{DV} - Z_2$ .

$$h_s = \frac{h_p}{2} \left[ \sqrt{1 + 8 * \left( \frac{h_{kr}}{h_p} \right)^3} - 1 \right] \quad (3-60)$$

Хидраулички скок се може имати три карактеристична положаја са Сlike 3-34:

$$h_N = \begin{cases} < h_s, & \text{положај 1: одбачен хидраулички скок} \\ = h_s, & \text{положај 2: хидраулички скок на месту} \\ > h_s, & \text{положај 3: потопљен хидраулички скок} \end{cases}$$

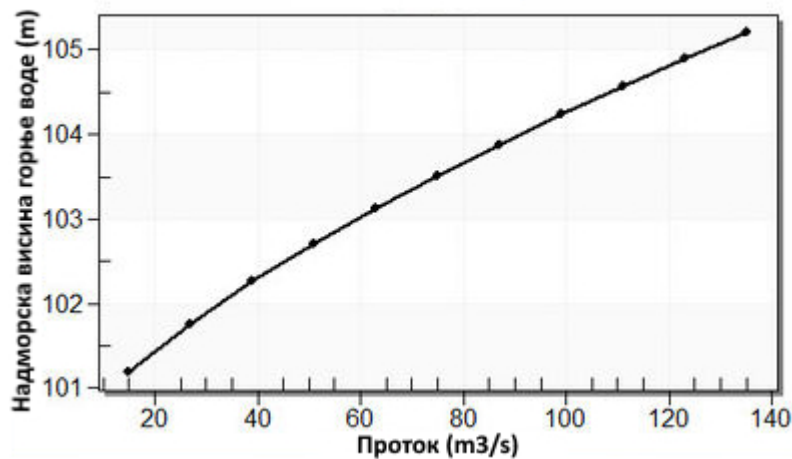
Положај 1 хидрауличког скока је неповољан по трајност објекта јер ероди­ра низводни канал услед чега може доћи до клизања косина насипа пута. Хидраулички скок у положају 2 са Сликe 3-34 доводи до испирања материјала и оштећења излазног дела пропуста, док положај 3 доводи до оштећења у телу пропуста. Као што је претходно наведено, осми карактеристични случај течења за путни пропуст представља нејнеповољнији случај течења, који је потребно избегавати приликом пројектовања пропуста, али који се може јавити у току експлоатације путног пропуста и промене у условима течења.

Резиме петог карактеристичног случаја течења за путни пропуст:

- протицај путног пропуста:  $Q_{PR} = Q_U$
- ниво горње воде: из јед. (3-47) за горњи канал

Крива протицаја путног пропуста се формира применом методе НУ-8 помоћу које се за задате вредности протицаја и других параметара за сваку вредност улазног протицаја одреди карактеристични случај према коме се одреди вредност нивоа горње воде. Цртањем криве кроз парове тачака: улазни проток – ниво горње воде, формира се крива протицаја путног пропуста.

### Крива протицаја путног пропуста



Слика 3-35: Крива протицаја путног пропуста

У оквиру овог истраживања крива протицаја путног пропуста је формирана до коте завршног слоја коловозне конструкције, односно до коте  $Z_{max}$ , чијим надвишењем почиње појава преливања воде преко саобраћајнице, а која дефинише максималну вредност протицаја путног пропуста  $Q_{max}^{pr}$ .



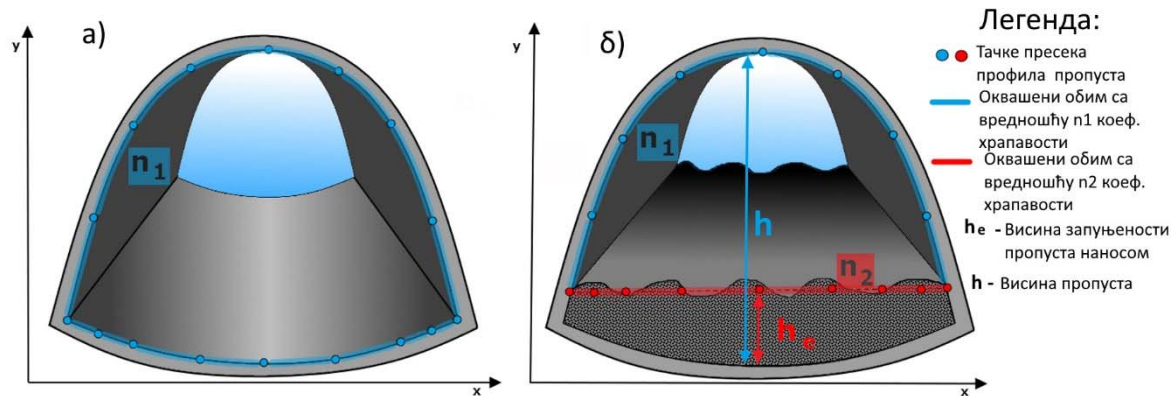
*Метод: Еквивалентна вредност Manning-овог коефицијента храпавости (метод Yen-a)*

У оквиру овог истраживања анализиран је и утицај запуњености путних пропуста каменим наносом на протицајни капацитет путног пропуста. Идеја наведене анализе је да се одреди протицајни капацитет путног пропуста у постојећем експлоатационом стању, које укључује све физичке измене настале услед експлоатације. Хидрауличко моделовање протицајног капацитета путног пропуста извршено је претходно описаном методом НУ-8, која је веома заступљена у пројектовању нових пропуста. Нажалост, за хидрауличко моделовање протицајног капацитета путних пропуста у експлоатационом стању не постоји специјално развијена метода.

Услед дугог периода експлоатације и слабог одржавања, на путним пропустима се могу јавити значајне физичке промене у односу на пројектовано стање. Уколико се из анализе искључе случајеви физичких оштећења када путни пропуст тотално изгуби своју функцију, ово истраживање анализира експлоатационо стање путних пропуста које подразумева да путни пропуст и даље обавља своју функцију само у измењеном обиму. Физичке промене које највише утичу на промену протицајног капацитета путних пропуста у експлоатационом стању су: промена површине протицајног профила и промена коефицијента трења приликом течења кроз пропуст.

Преко наведена два аспекта експлоатационог стања путних пропуста извршено је хидрауличко моделовање путних пропуста у експлоатационом (тренутном) стању применом методе НУ-8. Први аспект експлоатационе промене протицајног капацитета путног пропуста је директна последица акумулације каменог наноса у телу пропуста. Укључивање првог аспекта експлоатационог стања пропуста, промене површине протицајног пресека, у методу НУ-8 је извршено помоћу дефинисања новог попречног пресека путног пропуста. Метода НУ-8, поред стандардних типова попречних пресека, има могућност дефинисања нових попречних пресека за потребе корисника (енг. User defined culvert shape). Нови попречни пресеци се уносе као координате тачака, где Х-координата представља растојање од леве ивице пропуста, а Y-координата представља релативну висинску коту. Координате Y се посебно уносе за горњу а посебно за доњу ивицу пресека путног пропуста.

Принцип уношења тачака попречног пресека новопроектваног пропуста и постојећег путног пропуста који је запуњен наносом приказан је на Слици 3-36.



Слика 3-36: Уношење попречних пресека пропуста за: а) новопроектовано стање и б) експлоатационо стање пропуста [4]

Поред приказа принципа уношења тачака попречног профила путног пропуста, Слика 3-36 под б) приказује и различите дужине оквашеног обима попречног пресека са различитим вредностима Manning-овог коефицијента храпавости.

У хидрауличкој пракси се вредност Manning-овог коефицијента храпавости одређује као калибрациони коефицијент, чијом променом се резултати нумеричког модела калибришу према резултатима мерења на терену, што је нарочито заступљено код модела отворених токова [128,129]. За потребе хидрауличког моделовања отворених токова у стручној литератури се могу наћи препоруке за усвајање Manning-овог коефицијента храпавости за најразличитије случајеве [130–132].

За разлику од првог аспекта експлоатационе промене протицајног капацитета пропуста, који моделује физичко смањење протицајног профила, укључивање другог аспекта у модел захтева примену неке од метода осредњавања Manning-овог коефицијента храпавости по обиму протицајног профила пропуста. Значај другог аспекта, промене коефицијента трења, се огледа у чињеници да се све физичке промене на пропусту, настале у току експлоатације, описују помоћу вредности једног коефицијента, Manning-овог коефицијента храпавости.

Manning-ов коефицијент храпавости директно утиче на линијске губитке енергије приликом течења кроз пропуст, а индиректно утиче и на режим течења у пропусту, јер овај коефицијент фигурира у Shezy-Manning-овој једначини течења са слободном површином, једначина (3-47), на основу које се одређује вредност нормалне дубине. За новоизграђене пропусте вредност Manning-овог коефицијента храпавости се усваја из табела експериментално одређених вредности, Прилог 6, или одређује према препорукама научне литературе [133,134]. За пропусте који су услед експлоатације запуњени наносом и оштећених површина, вредност Manning-овог коефицијента моделује експлоатационо (постојеће) стање тела пропуста.

Проблем се огледа у томе да попречни пресек путног пропуста може имати више површина различите храпавости, а метода НУ-8 познаје само једну вредност Манинговог коефицијента, која би требало да буде репрезентативна за анализирано стање путног пропуста. Стога је јако битно изабрати одговарајућу методу осредњавања Manning-овог коефицијента храпавости по читавом протицајном обиму путног пропуста.

У стручној литератури проблем осредњавања вредности Manning-овог коефицијента храпавости је заступљен већ дуже време у оквиру хидраулике отворених токова [135], где се може наћи више једначина за одређивање репрезентативног или еквивалентног коефицијента храпавости  $n_e$ .

**Табела 3-9: Једначине за одређивање еквивалентне вредности Manning-овог коефицијента храпавости за попречни пресек тока**

Број:	Једначина:	Аутори:
1	$n_e = \left[ \frac{1}{P} \sum (n_i^2 * P_i) \right]^{\frac{1}{2}}$	Pavlovskii (1931)
2	$n_e = \left[ \frac{1}{P} \sum (n_i^{3/2} * P_i) \right]^{\frac{2}{3}}$	Horton (1933) Einstein (1934)
3	$n_e = \left[ \frac{\sum (n_i^{3/2} * A_i)}{A} \right]^{\frac{2}{3}}$	Colebatch (1941)
4	$n_e = \frac{P}{\sum (P_i/n_i)}$	Felkel (1960)
5	$n_e = \frac{\sum P_i R_i^{5/3}}{\sum \frac{P_i R_i^{5/3}}{n_i}}$	Ida (1960) Engelund (1964)
6	$n_e = \exp \left[ \frac{\sum P_i h_i^{3/2} \ln n_i}{\sum P_i h_i^{3/2}} \right]$	Krishnamurthy and Christensen (1972)
7	$n_e = \frac{\sum (n_i * A_i)}{A}$	Cox (1973)
8	$n_e = \frac{\sum (n_i P_i / R_i^{1/6})}{P / R^{1/6}}$	Yen (1991)
9	$n_e = \frac{P * R^{5/3}}{\sum \frac{P_i R_i^{5/3}}{n_i}}$	Lotter (1993)

У оквиру овог истраживања коришћена је једначина (3-61) која је предложена у истраживању Yen (2002) [136]:

$$n_e = \sum \left( \frac{P_i}{P} * n_i \right) \quad (3-61)$$

где је:  $n_e$  – еквивалентна вредност Manning-овог коефицијента за оквашени обим  $P$ ;  $n_i$  – појединачне вредности коефицијента храпавости за дужине оквашеног обима  $P_i$ .

*Метод: Трансформација хидрограма отицаја у акумулацији*

Метод трансформације хидрограма отицаја са бујичног слива у привременој акумулацији са узводне стране саобраћајнице представља веома битну компоненту хидрауличког модела јер одређује вредност коефицијента трансформације пика хидрограма  $K_{tr}$ . Наведени метод моделује промену вредности протицаја кроз путни пропуст, за анализирану акумулацију то је излазни протицај  $Q^{izl}$ , у односу на промену вредности протицаја хидрограма отицаја са узводног слива, улазни протицај  $Q^{ul}$ , и промену запремине привремено акумулиране воде са узводне стране саобраћајнице  $V_{tav}$ . Коефицијент трансформације пика хидрограма отицаја представља однос између вредности пика излазног хидрограма из акумулацији и вредности пика узалног хидрограма у анализирану акумулацију:

$$K_{tr} = \frac{Q_{max}^{izl}}{Q_{max}^{ul}} \quad (3-62)$$

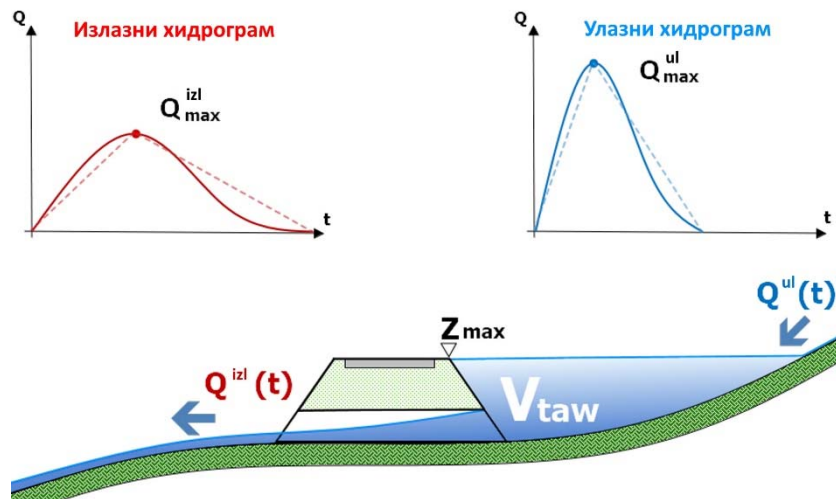
где је:

$K_{tr}$  – коефицијент трансформације пика хидрограма [1], у границама од 0 до 1;  $Q_{max}^{izl}$  – вредност пика излазног хидрограма [ $m^3/s$ ],  $Q_{max}^{ul}$  – вредност пика улазног хидрограма [ $m^3/s$ ]. За потребе истраживања појаве преливања воде прео саобраћајнице у профилима путних пропуста, вредност пика излазног хидрограма представља максималну вредност протицаја путног пропуста при нивоу воде у акумулацији са узводне стране на коти завршног слоја коловозне конструкције  $Z_{max}$ , док је вредност пика улазног хидрограма једнака вредности пика хидрограма отицаја са узводног бујичног слива.

Вредност  $Q_{max}^{izl}$  се одређује на основу криве протицаја путног пропуста применом методе НУ-8. Применом хидролошког модела трансформације ефективних падавина у хидрограм директног отицаја са слива одређује се и вредност максималног отицаја, пика хидрограма отицаја  $Q_{max}^{ul}$ . Применом методе VBS, описане у оквиру поглавља Методе за припрему података, на основу дигиталног модела терена (ДМТ), ивице путног профила и максималног нивоа воде у акумулацији са узводне стране саобраћајнице  $Z_{max}$ , одређује се запремина привремено акумулиране воде са узводне стране саобраћајнице.

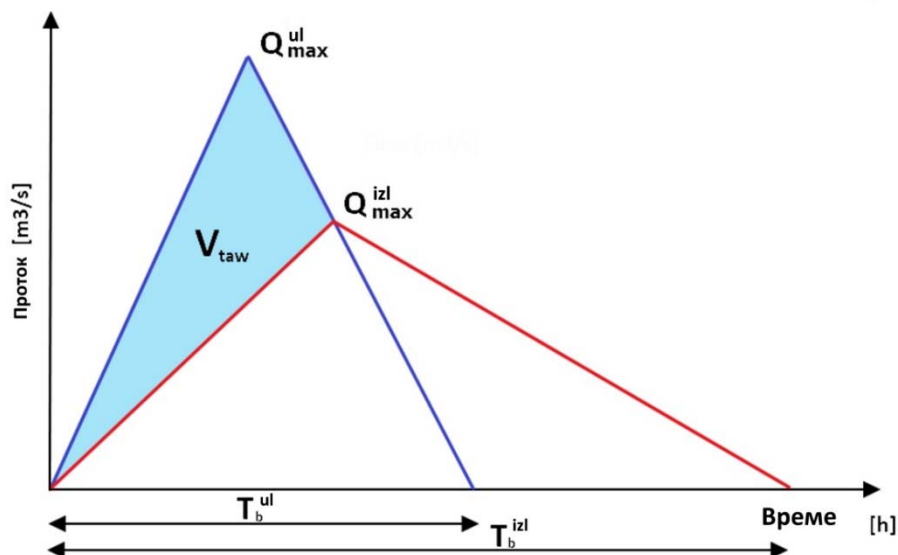
Метод трансформације хидрограма отицаја у акумулацији се у стручној литератури најчешће употребљује за анализе нивоа воде код брана, а нарочито код насутих брана код којих се не сме јавити преливање воде преко насуте бране. Хидраулички прорачуни у наведеним случајевима су веома детаљни и захтевају примену квази-стационарне или неке друге нумеричке методе за решавање система нелинеарних једначина [137]. За разлику од примене код високих насутих брана, примена метода трансформације хидрограма отицаја у акумулацији код путних пропуста се базира на примени траугаоне апроксимације

хидрограма [138], као што је приказано на Графикону 3-2 у поглављу 3.2. Слика 3-37 приказује шематизацију методе трансформације хидрограма отицаја у акумулацији са узводне стране саобраћајнице са троугаоном апроксимацијом улазног и излазног хидрограма.



Слика 3-37: Шематски приказ методе трансформације хидрограма отицаја на примету путног пропуста са троугаоним апроксимацијама хидрограма

За сликове без сталног тока воде током године, бујичне сликове, и акумулације са испустом у најнижој коти преграде, запремина улазног хидрограма једнака је запремини излазног хидрограма из акумулације [139]. На Слици 3-38 је приказан упоредни приказ троугаоних апроксимација улазног и излазног хидрограма.



Слика 3-38: Упоредни приказ троугаоних апроксимација улазног и излазног хидрограма

Претходно изнети закључак о једнакости запремина улазног и излазног хидрограма се може формулисати према величинама приказаним на Слици 3-38 следећом једначином:

$$V = \frac{Q_{max}^{ul} \cdot T_b^{ul}}{2} = \frac{Q_{max}^{izl} \cdot T_b^{izl}}{2} \quad (3-63)$$

где је:

$V$  – запремине и улазног и излазног хидрограма [ $m^3$ ], које се одређују као површине испод криве хидрограма, у овом случају то су површине троуглова;  $T_b^{ul}$  и  $T_b^{izl}$  – представљају временске базе улазног и излазног хидрограма, респективно. Вредност привремено акумулиране запремине (енг. Temporary accumulated water или detention storage volume), обележене на Слици 3-38 са  $V_{taw}$ , се одређује на основу једначине:

$$V_{taw} = \frac{Q_{max}^{ul} \cdot T_b^{ul}}{2} - \frac{Q_{max}^{izl} \cdot T_b^{ul}}{2} \quad (3-64)$$

Дељењем обе стране једначине са вредношћу запремине улазног или излазног хидрограма  $V$ , као у истраживању Hong (2008) [140], долази се до једнакости:

$$\frac{V_{taw}}{V} = 1 - \frac{Q_{max}^{izl}}{Q_{max}^{ul}} \quad (3-65)$$

На основу једначина (3-65) и (3-62) изведен је израз за израчунавање коефицијента трансформације пика хидрограма отицаја у акумулацији:

$$K_{pt} = 1 - \frac{V_{taw}}{V} \quad (3-66)$$

Једначина (3-66) представља основу методе трансформације хидрограма отицаја у акумулацији са узводне стране саобраћајнице, јер омогућава одређивање вредности коефицијента трансформације пика хидрограма на основу познатих вредности запремине привремено акумулиране воде  $V_{taw}$  и запремине хидрограма отицаја са бујичног слива  $V$ , која се може одредити према процедури из поглавља Методе хидролошког модела.

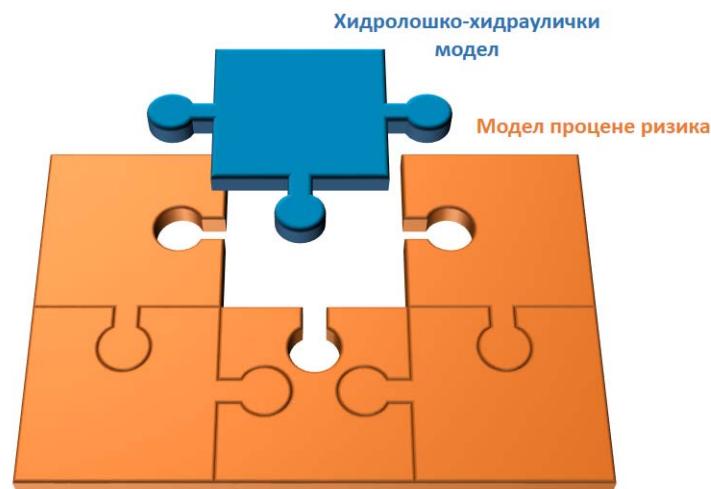
ПОГЛАВЉЕ

**4.**

# Методологија процене ризика

---

У оквиру овог поглавља је приказана методологија процене ризика појаве преливања воде преко саобраћајнице у профилу путног пропуста на бујичним сливовима, кроз приказ рада њене две основне функционалне целине: Хидролошко-хидрауличког модела за одређивање вероватноће појаве преливања воде и Модела процене ризика. Због детаљности моделовања физичких процеса који учествују у формирању анализирани појаве, у оквиру овог поглавља прво ће бити приказан хидролошко-хидраулички модел анализирани појаве, а затим модел процене ризика који се базира на хидролошко-хидрауличком моделу.



Слика 4-1: Илустрација склопа модела процене ризика

Као што приказује илустрација са Сlike 4-1, хидролошко-хидраулички модел представља основу, или „главну слагалицу“, на којој се базира модел процене ризика. Хидролошко-хидрауличким моделом су обухваћени сви физички процеси који доводе до анализирани појаве, а на резултатима хидролошко-хидрауличког модела се граде анализе процене ризика и методе за смањење ризика од појаве преливања воде преко саобраћајнице у профилу путног пропуста на бујичним сливовима. Алгоритамским приказом је извршено обједињавање претходно описаних материјала и метода у јединствен хидролошко-хидраулички модел анализирани појаве.

Модел процене ризика приказује основне принципе пробабилистичког приступа одређивању ризика анализирани појаве, принципе одређивања граничних вредности ризика, као и анализу метода за смањење ризика. Пoглавље 4.3 приказује анализу осетљивости модела кроз утицај свих параметара на перформансе модела и даје препоруке за њихово усвајање.



#### 4.1. Хидролошко-хидраулички модел

Појава преливања воде преко саобраћајнице у профилу путног пропуста на бујичном сливу је анализирана применом хидролошко-хидрауличког модела који се базира на моделовању свих физичких процеса који учествују у формирању изучаване појаве. Моделовање физичких процеса на којима почива анализирана појава захтева употребу метода, описаних у поглављу 3, и података, описаних у поглављу 2. На основу физичких зависности анализираних процеса, као и на основу основне претпоставке, хидролошко-хидраулички модел као излазну вредност одређује вероватноћу појаве преливања воде преко саобраћајнице у профилу путног пропуста на бујичним сливовима.

Основна претпоставка на којој се базира хидролошко-хидраулички модел гласи: *„Вероватноћа појаве преливања воде преко саобраћајнице једнака је вероватноћи појаве кише, која формира хидрограм површинског отицаја на бујичном сливу, који после трансформације у привременој акумулацији са узводне стране саобраћајнице доводи до подизања нивоа воде са узводне стране саобраћајнице до коте веће од коте завршног слоја коловозне конструкције”* [4]. Различите формулације наведене основне хипотезе могу се наћи у стручној литератури [141,142], преформулисане према потребама изучаваног проблема.

Основна хипотеза се базира на чињеници да су кишне падавине основни механизам генерисања површинског отицаја. Наведена чињеница ограничава примену алгорита на бујичне сливове, односно мале планинске сливове без сталног тока воде током године, који испуњавају задати услов.

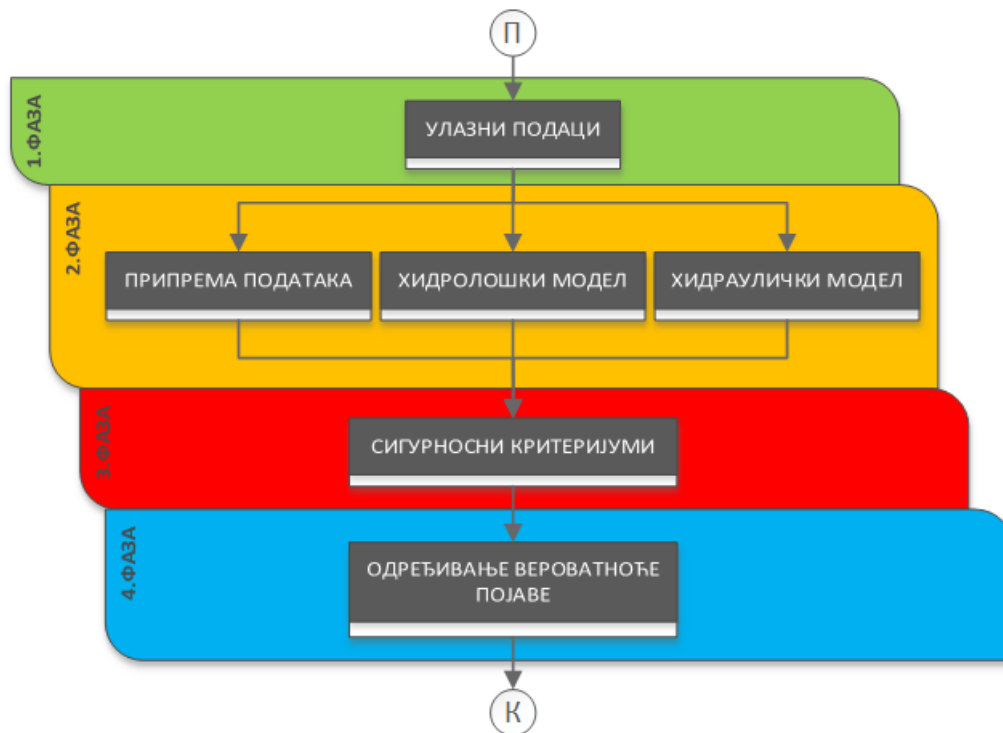
За све даље анализе и разматрања веома је битно јасно дефинисати појам „преливање воде преко саобраћајнице”. Из основне хипотезе хидролошко-хидрауличког модела следи да је почетак појаве преливања воде преко саобраћајнице дефинисан као тренутак када ниво воде, који је настао као последица површинског отицаја са узводног бујичног слива, са узводне стране саобраћајнице надвиси коту завршног слоја коловоза ( $Z_{max}$ ), приказана на Слици 3-37. Надаље се под термином „преливање воде преко саобраћајнице” подразумева појава пораста коте воде у привременој акумулацији са узводне стране саобраћајнице изнад коте завршног слоја коловозне конструкције у профилу путног пропуста.

Увођењем ограничења примене модела на бујичне сливове обезбеђује се важење претпоставке да је појава преливања воде преко саобраћајнице директна последица искључиво површинског отицаја са узводног бујичног слива. Претходно наведено ограничење, произашло из основне претпоставке, омогућује формирање директне зависности између појаве преливања воде преко саобраћајнице и рачунске кише, тако да се може тврдити да је вероватноћа појаве преливања воде преко саобраћајнице у профилу путног пропуста једнака

вероватноћи појаве рачунске кише која формира хидрограм површинског отицаја који доводи до подизања коте воде са узводне стране саобраћајнице изнад коте завршног слоја коловозне конструкције у профилу путног пропуста [143]. Дефинисањем основне претпоставке и свих основних термина одређени су принципи рада хидролошко-хидрауличког модела, као и ограничења примене модела.

Формирање хидролошко-хидрауличког модела појаве преливања воде преко саобраћајнице у профилу путног пропуста на бујичном сливу захтева употребу већег броја метода за моделовање појединих физичких процеса. Ради јаснијег објашњења функционисања хидролошко-хидрауличког модела, прво ће се на основу шематског приказа хидролошко-хидрауличког модела описати главне фазе и процеси на којима се базира модел, а затим ће се дати детаљан приказ свих процеса у оквиру модела у виду алгоритма хидролошко-хидрауличког модела анализирани појаве.

Шематским приказом функционисања хидролошко-хидрауличког модела желе се прво објаснити главне фазе реализације модела, ако и најзначајније групе процеса у оквиру сваке од фаза. Обзиром да сам хидролошко-хидраулички модел може имати више различитих величина које се могу сматрати резултатима примене модела, као излазне вредности модела изабране су величине потребне за примену модела процене ризика анализирани појаве.



Слика 4-2: Шематски приказ хидролошко-хидрауличког модела

Према шематском приказу хидролошко-хидрауличког модела, Слика 4-2, модел је подељен у четири фазе прорачуна. Фазе прорачуна су одређене тако да представљају функционалну целину. Прва фаза хидролошко-хидрауличког модела је фокусирана на одређивање свих потребних улазних података за адекватну примену модела. Ова фаза представља улазну фазу модела, чији је циљ прикупљање што квалитетнијих података за даље анализе.

Друга фаза хидролошко-хидрауличког модела се бави моделовањем физичких процеса који учествују у формирању појаве преливања воде преко саобраћајнице у профилу путног пропуста на бујичним сливовима. У оквиру ове фазе се обавља већи број прорачуна којима се улазни подаци из прве фазе трансформишу у вредности физичких величина којима се описује анализирана појава. Прорачуни друге фазе реализације хидролошко-хидрауличког модела су подељени у три групе: прорачуни за потребе припреме података, прорачуни у оквиру хидролошког модела и прорачуни у оквиру хидрауличког модела.

У оквиру друге фазе се обављају најзначајнији прорачуни којима се формирају зависности које описују физичке промене система, применом метода описаних у поглављу 3, за одређене вредности улазних података из прве фазе. Тако да се слободно може рећи да друга фаза представља суштину или нуклеус модела.

Свака од метода, у оквиру друге фазе модела, за задате вредности улаза може имати једну или више излазних величина. Услед чега се јавља проблем већег броја излазних величина хидролошко-хидрауличког модела и које од тих величина је потребно сачувати за даље анализе. Решење наведеног проблема је одређено на према основној функцији хидролошко-хидрауличког модела, а то је: моделовање физичких процеса за потребе модела процене ризика.

Сходно претходном ставу, за потребе пробабилистичког модела процене ризика потребно је одредити вероватноћу појаве преливања воде преко саобраћајнице у профилу путног пропуста на бујичном сливу, као и сигурносне критеријуме за дефинисање граничних вредности ризика. Према потребама модела процене ризика, у оквиру фаза три и четири врши се формирање излазних величина хидролошко-хидрауличког модела које ће се користити као улазне величине модела процене ризика анализираних појава.

Трећа фаза реализације модела има за циљ дефинисање сигурносних критеријума на основу којих се одређују граничне вредности ризика у оквиру модела процене ризика. Под сигурносним критеријумима се подразумевају два критеријума: Критеријум примарне намене и Критеријум сигурности са аспекта вероватноће појаве преливања.

Критеријум примарне намене, или критеријум хидраулички предимензионисаних пропуста (у даљем тексту критеријума **КХПП**) како се још у стручној литератури назива (енг. **C**riterion for **H**ydraulically **O**versized **C**ulverts, **CHOC**) [4], врши селекцију пропуста према томе да ли је путни пропуст примарно димензионисани према хидрауличком критеријуму или не. Наиме, путни пропусти поред своје

примарне функције, спровођење површинских токова испод саобраћајнице, могу имати и више других функција, као што су пролазак људи, возила или дивљих животиња испод саобраћајнице [5, 124]. У одређеним случајевима путни пропусти могу бити димензионисани за примарно задовољење других функција, услед чега су такви пропусти предимензионисани у хидрауличком смислу.

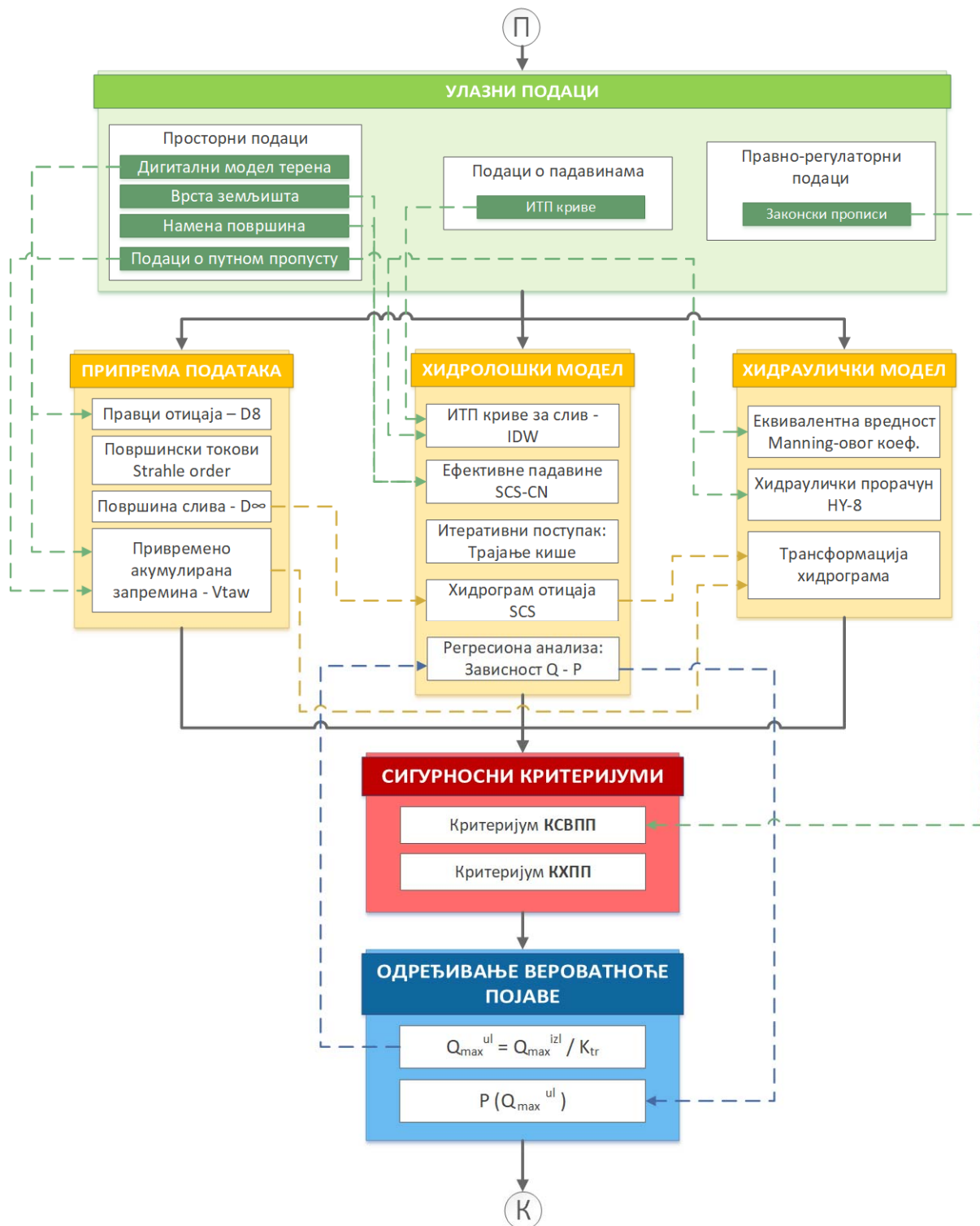
Значај дефинисања Критеријума КХПП, на основу правно-регулаторних података, се огледа у чињеници да се на основу овог критеријума одређује гранична вредност ризика под називом: Праг значајности ризика. Дефинисање критеријума КХПП се врши на основу одређене вредности Критеријума сигурности са аспекта вероватноће појаве преливања.

Критеријум сигурности са аспекта вероватноће појаве преливања (у даљем тексту критеријум **КСВПП**), у литератури познат и под називом **SCROOP** (енг. **Safety Criterion for Road Overtopping Occurrence Probability**) [4], представља критеријум који дефинише максималну вредност вероватноће појаве преливања воде преко саобраћајнице. Одређивањем вредности критеријума КСВПП врши се дефинисање законске границе прихватљиве вероватноће појаве преливања воде преко саобраћајнице у профилу путног пропуста према законским и техничким прописима државе у којој се анализира пропуст налази. Према вредности критеријума КСВПП врши се одређивање друге граничне вредности ризика под називом: Граница прихватљивости ризика.

Оба сигурносна критеријума се одређују на основу законске и техничке регулативе државе у којој се налазе анализирани пропусти, с тим што се критеријум КСВПП одређује према категорији саобраћајнице директно из законске регулативе, док се критеријум КХПП одређује у односу на критеријум КСВПП. Наведени критеријуми сигурности представљају прве излазне податке модела, потребне за примену модела процене ризика.

Четврта фаза примене хидролошко-хидрауличког модела одређује вероватноћу појаве преливања воде преко саобраћајнице у профилу путног пропуста на бујичном сливу. Одређивање вероватноће појаве се врши према величинама одређеним у оквиру друге фазе, у зависности од анализираног стање путног пропуста. У оквиру четврте фазе се одређује трећа излазна величина хидролошко-хидрауличког модела, а то је вероватноћа појаве преливања воде преко саобраћајнице за анализирано стање путног пропуста на бујичном сливу.

Детаљан приказ свих процеса у оквиру хидролошко-хидрауличког модела анализираних појава дат је у алгоритамском облику на Слици 4-3. Треба напоменути да је у оквиру алгоритамског приказа хидролошко-хидрауличког модела задржана колорна легенда, према којој су процеси 1. фазе обележени зеленом бојом, а процеси друге треће и четврте фазе: жутом, црвеном и плавом бојом, респективно.



Слика 4-3: Алгоритамски приказ хидролошко-хидрауличног модела

Поред главних функционалних зависности, које су приказане у оквиру шематског приказа модела (Слика 4-2), алгоритамски приказ хидролошко-хидрауличког модела (Слика 4-3) омогућава увид у секундарне функционалне зависности које су приказане испрекиданим линијама, према колорној легенди фазе прорачуна. На основу секундарних функционалних зависности са алгоритмаског приказа хидролошко-хидрауличког модела могу се пратити функционалне везе између појединих процеса у оквиру модела.

Прва фаза хидролошко-хидрауличког модела се бави прикупљањем улазних података, као што је претходно наведено. У оквиру алгоритамског приказа су дате три групе улазних података: Просторни подаци, Подаци о падавинама и Правно-регулаторни подаци, који су детаљно описани у поглављу 2 овог рада. Дигитални модел терена (ДМТ) представља један од најзначајнијих просторних података, који је описан у поглављу 2.2. Адекватна примена модела захтева растерски облик ДМТ-а што веће резолуције, односно што мањих димензија пиксела уз што већу висинску тачност. Просторни подаци о врсти земљишта и намени површина могу се користити у растерском или векторском формату уз један специфичан захтев заједно са захтевима за што већом резолуцијом и просторном прецизношћу коришћених података. Неведени подаци о врсти земљишта и намени површина имају специфичан захтев за актуелношћу података, односно захтев да подаци буду што новијег датума. Актуелност података о намени површина је битна из разлога промене намене површина услед изградње објеката или друге промене намене површина, док се код података о врсти земљишта уношењем актуелних података о новијим испитивањима врши се повећавање тачности картирања врста земљишта. Последњу врсту просторних података представљају подаци о анализираном путном пропусту. Специфичност ове врсте података се огледа у томе што се не могу одредити методама даљинске детекције, већ једино применом геодетског мерења димензија пропуста и рекогностицирања постојећег стања пропуста на терену. Подаци о димензијама новоизграђеног пропуста се могу наћи у техничкој документацији предузећа које је пројектовало или изводило радове на изградњи. Обзиром да кишне падавине представљају главни генератор површинског отицаја са слива узводно од анализираног путног пропуста, подаци о падавинама представљају посебну групу улазних података. За примену хидролошко-хидрауличког модела потребно је прибавити ИТП криве за више падавинских станица у околини анализираног пропуста.

Правно-регулаторни подаци представљају веома битне податке за одређивање сигурносних критеријума. У оквиру важеће законске регулативе државе у којој се анализирали пропуст налази потребно је наћи технички критеријум за димензионисање нових пропуста, који најчешће зависи од категорије саобраћајнице. Технички критеријум се најчешће изражава као вредност повратног периода,  $T_p$ , велике воде коју путни пропуст испод саобраћајнице

одређене категорије треба да пропусти. Прва фаза представља основу за даљу примену модела, а од квалитета и квантитета улазних података директно зависе крајњи резултати примене хидролошко-хидрауличног модела.

У оквиру друге фазе хидролошко-хидрауличног модела врши се моделирање физичких процеса који доводе до анализираних појава. Друга фаза прорачуна представља основу модела, а методе потребне за моделирање су подељене у три групе: Припрема података, Хидролошки модел и Хидраулички модел. Групе процеса су у алгоритму паралелно повезане услед могућности истовременог извршења више процеса између група. Методе које се користе у оквиру сваке од наведених целина су детаљно описане у поглављу 3 овог рада.

Припрема података доминантно обрађује податке о ДМТ, при чему се методама описаним у поглављу 3.1, одређују правци отицаја са површине терена, положаји површинских токова, а за познату локацију путног пропуста одређује се површина узводног слива. На основу ДМТ и техничких података о путном пропусту одређује се вредност привремено акумулиране запремине воде са узводне стране саобраћајнице,  $V_{taw}$ , према методи VBS.

Најзначајнији улазни податак хидролошког модела представља податак о падавинама, који се изражава помоћу ИТП кривих падавина за локацију тежишта слива чији је излазни профил одређен локацијом анализираних путног пропуста. Обзиром да хидролошки модел почива на претпоставци униформно расподељене кише константног интензитета на читавој површини слива мале површине (до  $1 \text{ km}^2$ ), усвојено је становиште да је тежиште слива репрезентативна тачка за одређивање параметара ИТП кривих. Улазни подаци о падавинама одређују ИТП криве за локације мерних станица у околини анализираних слива, а за одређивање карактеристичних интензитета рачунских падавина за локацију тежишта бујичног слива користи се метода IDW просторне интерполације, описана у поглављу 3.2.

Вредности ефективних падавина се одређују на основу методе SCS-CN за познате вредности врсте земљишта и намене површина на сливу помоћу којих се одређује репрезентативна вредност броја CN за повишене услове претходне влажности земљишта на сливу. Применом итеративног поступка одређује се време трајања меродавне кише, као време трајања рачунске кише која даје максималну вредност пика хидрограма отицаја. На основу одређеног трајања кише, физичких параметара слива и вредности ефективних падавина, применом методе SCS синтетичког јединичног хидрограма одређују се хидрограми отицаја са слива различитих вероватноћа појаве, при чему је вероватноћа појаве хидрограма отицаја једнака вероватноћи појаве кише која га је проузроковала. Последњи процес хидролошког модела представља дефинисање регресионе зависности између вредности пикова хидрограма отицаја са слива и вероватноће појаве рачунске кише која их је формирала, према једначини (3-40)

из поглавља 3.2. Наведена регресиона зависност представља најзначајнији резултат хидролошког модела и основу за одређивање вероватноће појаве преливања воде преко саобраћајнице.

Процеси у оквиру групе прорачуна хидруличког модела захтевају детаљне податке о физичким карактеристикама анализираних стања путног пропуста. На основу података о путном пропусту врши се одређивање еквивалентне вредности Manning-овог коефицијента храпавости, према методи Yen-а описаној у поглављу 3.3. Применом методе НУ-8 врши се хидраулички прорачун течења у путном пропусту и одређује се вредност максималног излазног протицаја путног пропуста  $Q_{max}^{izl}$  за ниво горње воде на коти завршног слоја коловозне конструкције  $Z_{max}$ . Наведени протицај представља максималну вредност излазног протицаја из акумулације са узводне стране саобраћајнице пре почетка појаве преливања воде преко саобраћајнице.

Последњим процесом у оквиру хидрауличког модела се одређује вредност коефицијента трансформације пика хидрограма у акумулацији са узводне стране саобраћајнице. Метод трансформације хидрограма протицаја у акумулацији са узводне стране саобраћајнице је описан у поглављу 3.3. На основу вредности привремено акумулиране запремине са узводне стране саобраћајнице и вредности максималног излазног протицаја путног пропуста врши се одређивање коефицијента трансформације пика хидрограма протицаја  $K_{tr}$  према једначини (3-66) за анализирани путни пропуст.

Трећа фаза реализације хидролошко-хидрауличког модела се бави одређивањем вредности сигурносних критеријума, на основу којих се одређују граничне вредности ризика. Дефинисање вредности сигурносних критеријума се врши на основу важеће законске регулативе, а специфичност овог процеса се огледа у томе што не постоји дефинисана процедура одређивања правно-регулаторних података, већ је потребно изучавање правних и техничких прописа државе у којој се анализирани путни пропуст налази.

Критеријум сигурности са аспекта вероватноће појаве преливања (КСВПП) се директно одређује на основу законски дефинисаног техничког критеријума за динезионисање нових путних пропуста, који се изражава као повратни период велике воде ( $T_p^{КСВПП}$ ) коју путни пропуст мора да пропусти за одређену категорију саобраћајнице изражен у годинама.

Критеријум хидраулички предимензионисаних пропуста (КХПП) се одређује посредно у односу на  $T_p^{КСВПП}$ . Вредност сигурносног критеријума хидраулички предимензионисаних пропуста (КХПП) се одређује на основу повратног периода  $T_p^{КХПП}$  који има дупло већу вредност у односу на законски дефинисан повратни период великих вода за динезионисање путних пропуста  $T_p^{КСВПП}$ . На основу



вредности  $T_p^{КХПП}$ , вредност критеријума КХПП се одређује према следећој једначини:

$$КХПП = \frac{100}{T_p^{КХПП}} [\%] \quad (4-1)$$

где је:

$T_p^{КХПП} = 2 * T_p^{КСВПП}$  – вредност повратног периода за критеријум КХПП који се одређује као двострука вредност законски прописане вредности повратног периода велике воде коју путни пропуст мора да пропусти  $T_p^{КСВПП}$ .

У оквиру треће фазе реализације хидролошко-хидрауличког модела анализирани појаве одређене су две излазне величине модела, а то су:  $T_p^{КСВПП}$  - законски прописана вредност повратног периода велике воде коју путни пропуст мора да пропусти и КХПП – процентуална вредност критеријума хидраулички предимензионисаних пропуста. На основу ове две излазне величине врши се одређивање граничних вредности ризика у оквиру модела процене ризика.

Четврта фаза реализације хидролошко-хидрауличког модела је усмерена на одређивање вероватноће појаве преливања воде преко саобраћајнице за анализирано стање путног пропуста на бујичном сливу. Анализе у оквиру ове фазе се базирају на резултатима друге фазе реализације алгорита. Вредност максималног излазног протицаја путног пропуста пре почетка преливања воде преко саобраћајнице,  $Q_{max}^{izl}$ , одређена је на основу хидрауличког модела течења анализираних стања путног пропуста за ниво горње воде на коти завршног слоја коловозне конструкције  $Z_{max}$ . Модел трансформације хидрограма отицаја са слива у акумулацију са узводне стране саобраћајнице, у оквиру хидрауличког модела, даје вредност коефицијента трансформације пика хидрограма,  $K_{tr}$ , на основу вредности привремено акумулиране запремине воде,  $V_{taw}$ , према једначини (3-66). Коефицијент трансформације пика хидрограма,  $K_{tr}$ , представља однос између вредности пика излазног хидрограма,  $Q_{max}^{izl}$ , и вредности пика улазног хидрограма,  $Q_{max}^{ul}$ . За познату вредност пика излазног хидрограма и познату вредност коефицијента трансформације, вредност пика улазног хидрограма се одређује као:

$$Q_{max}^{ul} = \frac{Q_{max}^{izl}}{K_{tr}} \quad (4-2)$$

Вредност вероватноће појаве преливања воде преко саобраћајнице у профилу путног пропуста на бујичном сливу је, према основној претпоставци хидролошко-хидрауличког модела, једнака вероватноћи појаве хидрограма отицаја са бујичног слива,  $P(Q_{max}^{ul})$ , који доводи до подизања нивоа воде са узводне стране саобраћајнице до коте  $Z_{max}$ , која представља висинску коту завршног слоја путне конструкције у профилу путног пропуста и чијим достизањем отпочиње појава

преливања воде преко саобраћајнице. Према основној претпоставци модела, потребно је одредити вероватноћу појаве хидрограма отицаја са узводног слива са пиком  $Q_{max}^{ul}$ . За вредност  $Q_{max}^{ul}$  одређену према једначини (4-2), вредност вероватноће појаве  $P(Q_{max}^{ul})$  одређује се на основу регресионе зависности, дефинисане у оквиру хидролошког модела и исказане једначином (3-40).

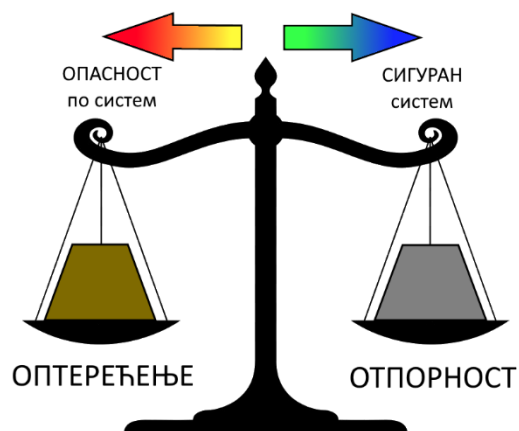
Као резултат примене хидролошко-хидрауличког модела појаве преливања воде преко саобраћајнице у профилу путног пропуста са бујичног слива одређене су три величине: законски прописана вредност повратног периода велике воде коју путни пропуст мора да пропусти ( $T_p^{КСВПП}$ ), процентуална вредност критеријума хидраулички предимензионисаних пропуста (КХПП) и процентуална вредност вероватноће појаве преливања воде преко саобраћајнице  $P(\%) = P(Q_{max}^{ul})$ . Изабране излазне вредности хидролошко-хидрауличког модела представљају улазне вредности модела процене ризика анализираних појава.

## 4.2. Модел процене ризика

У савременој стручној литератури опасност од поплава се валоризује кроз процену ризика од појаве поплаве одређене вероватноће појаве [144–146]. Пре описа коришћеног модела процене ризика потребно је поставити основне дефиниције и поделе на којима модел почива. Специфичност процене ризика се огледа у томе што се наведена проблематика изучава у оквиру, или за потребе, више научних области, од техничких (процена ризика од: поплава, земљотреса, појаве клизишта и сл.) до друштвених наука (процена ризика од: масовних миграција, организованих демонстрација, безбедности на неким скуповима и сл.). Услед овако широког спектра научних дисциплина које се баве проценом ризика, у стручној литератури се може наћи велики број различитих дефиниција и подела ризика. У оквиру овог истраживања биће приказане најзначајније дефиниције и поделе ризика у оквиру техничких наука које се односе на процену ризика од поплава.

Најопштија концептуална дефиниција ризика дефинише ризик као значајан број потенцијално нежељених ефеката који се јављају у функционисању неког система, или као предвиђање или очекивање да ће одређени склоп околности у току дефинисаног временског оквира довести до настанка одређене штете [147]. Са техничког аспекта ризик се може дефинисати помоћу концепта „оптерећење и отпорност“, формулисаног на основу термина из теорије конструкција. Наведени термини овде имају опште значење, па се тако под термином „оптерећење“ подразумева променљива  $L$  која изражава спољашње утицаје на анализирани систем, док термин „отпорност“ подразумева променљиву  $R$  која описује способност система да издржи спољашње оптерећење.

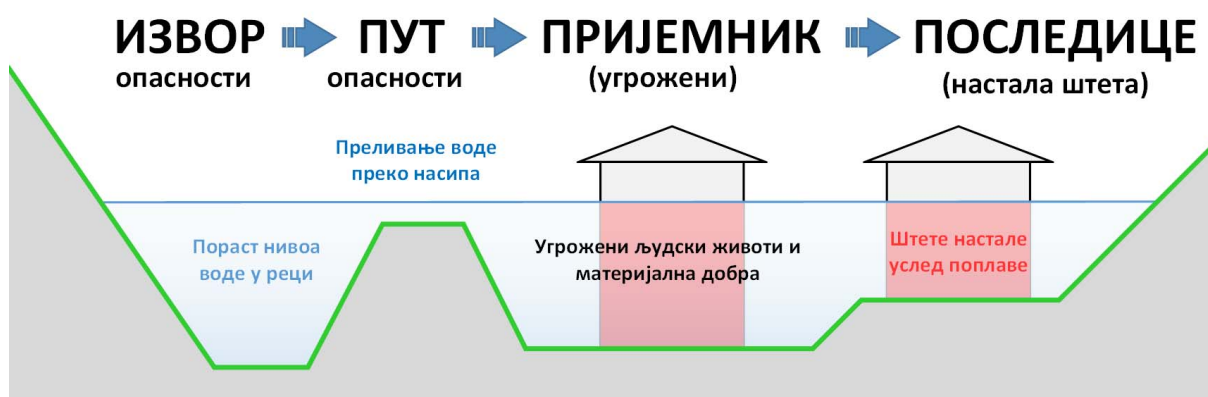
Са аспекта система одбране од поплава, повећање нивоа воде у реци услед наиласка поплавног таласа се може схватити као „оптерећење“ ( $L$ ) на систем, док се висина насипа може схватити као „отпорност“ ( $R$ ) система одбране од поплава.



Слика 4-4: Илустративни приказ концепта „Оптерећење и отпорност“

Слика 4-4 даје илустративни пример концепта „оптерећење и отпорност“ процене ризика са које се закључује да када је „отпорност“ већа од „оптерећења“,  $R \geq L$ , систем се налази у стању сигурности и поузданости у функционисању. У случају када је „оптерећење“ веће од „отпорности“,  $L > R$ , јавља се опасност од отказа система услед настанка инцидента или катастрофалног догађаја. На примеру система одбране од поплава, систем је у стању сигурности све док је ниво воде у реци нижи од нивоа насипа, превазилажењем коте насипа систем одбране од поплава се налази у стању отказа.

У области управљања поплавама, ризик се најчешће дефинише као производ вероватноће отказа система и штете настале услед катастрофалног догађаја [148]. Овде је веома битно направити разлику између термина ризик и термина нежељени или катастрофални догађај или хазард (енг. hazard), како се још назива у стручној литератури. Приказ разлике између хазарда и ризика најбоље је приказати у оквиру приступа „Извор-Пут-Пријемник-Последице“ (енг. Source–Pathway–Receptor–Consequence, SPRC), у наставку приступ ИППП.



Слика 4-5: Приступ „Извор-Пут-Пријемник-Последице“

Приступ ИППП процени ризика представља упрошћени концептуални модел који репрезентује процесе који доводе до нежељене појаве, а који је на Слици 4-5 приказан са аспекта одбране од поплава. Према наведеном приступу, да би се јавио ризик од неке појаве мора постојати хазард, или нежељени догађај који проузрокује штету, а који је последица деловања „извора опасности“ на „пријемник“ посредством одређеног механизма који се назива „пут опасности“. На примеру система одбране од поплава, пораст нивоа воде у реци представља „извор опасности“, а „пријемник“ су угрожени људи и материјална добра која се налазе са брањене стране насипа. Механизам којим „извор опасности“ делује на „пријемник“ назива се „пут опасности“ и у наведеном примеру представља преливање воде преко насипа.

Хазард не мора обавезно водити ка катастрофалном догађају, са великим штетама, али идентификација хазарда значи да постоји потенцијална опасност која може довести до катастрофалног догађаја [149]. Према приказаном приступу, хазард представља потенцијалну опасност од настанка катастрофалног догађаја који проузрокује настанак штете, а величина настале штете зависи од већег броја других фактора.

Хазард се може схватити као константна опасност од спољашњег утицаја на систем, која у одређеним околностима може водити ка катастрофалном догађају. Према математичкој дефиницији, хазард представља вероватноћу појаве одређеног догађаја са одређеним интензитетом на дефинисаној локацији и у току одређеног временског периода. Веза између хазарда и ризика је у томе што хазард представља потенцијални извор ризика. Ризик се дефинише као производ вероватноће појаве одређеног догађаја, хазарда, и штета настале услед те појаве [148]. Тако да према овој дефиницији, уколико постоји хазард који доводи до занемарљиво мале штете, може се јавити ситуација у којој постоји хазард али не постоји ризик од наведеног хазарда, или је ризик занемарљив.

Наведена дефиниција ризика изједначава појаве велике вероватноће које производе мале штете са појавама веома мале вероватноће које производе веома велике штете. Са аспекта одбране од поплава, исту вредност ризика могу имати двогодишња велика вода која плави мале површине и прави малу материјалну штету и хиљадугодишња велика вода, која има веома малу вероватноћу појаве, али која прави изузетно велику материјалну штету. Иако могу имати исту вредност ризика, за практично димензионисање система одбране од поплава није исто да ли се као меродавна вода узима велика вода повратног периода од две године или велика вода повратног периода хиљаду година.

Приказана дилема упућује на чињеницу да се бројчана вредност процењеног ризика не може практично примењивати без разумевања процеса који су укључени у процену ризика. Примена резултата процене ризика захтева сагледавање свих процеса у оквиру неког хазардног догађаја, према приступу ИППП. За потребе сагледавања свих процеса који утичу на процену ризика формиран је приступ дефинисања ризика кроз одговоре на три питања: (1) Шта се може догодити, односно који су то непожељни исходи неког догађаја?, (2) Колико је вероватно да се то догоди, односно која је вероватноћа појаве нежељеног исхода? и (3) Које су последице тог догађаја, односно колика штета може настати? [150].

Приступ сагледавања ризика кроз три претходна питања упућује онога ко врши процену ризика да сагледа анализирани проблем са више аспеката. Одговор на прво питање треба да дефинише све могуће сценарије нежељених појава, односно да одреди све потенцијалне хазарде за које ће се извршити процена

ризика. Друго питање захтева одређивање вероватноће појаве за сваки од претходно дефинисаних сценарија или хазарда.

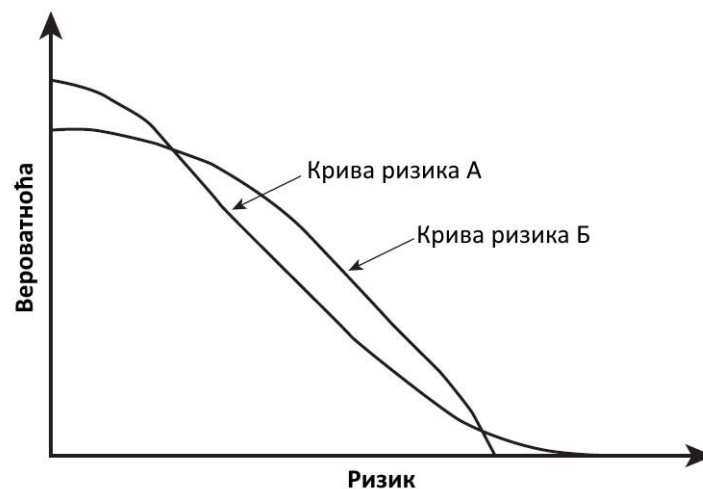
Даље објашњење процене ризика захтева дефинисање разлике између сценарија и хазарда. Као што је претходно наведено, хазард представља потенцијалну опасност која може довести до нежељених исхода, док сценарио процене ризика обухвата један или више хазарда који у дефинисаним околностима доводе до нежељеног исхода. Основна разлика је у томе што појединачни хазарди из сценарија не морају проузроковати значајне штете, али њихово садејство у оквиру сценарија доводи до нежељеног исхода са значајним штетама.

Одговор на треће питање процењује вредност настале штете услед појаве сваког од дефинисаних сценарија. На основу наведеног приступа, ризик се према теорији скупова дефинише као уређна тројка:

$$R = [s_i, p_i, d_i], \quad i = 1, 2, 3, \dots, N \quad (4-3)$$

где је:

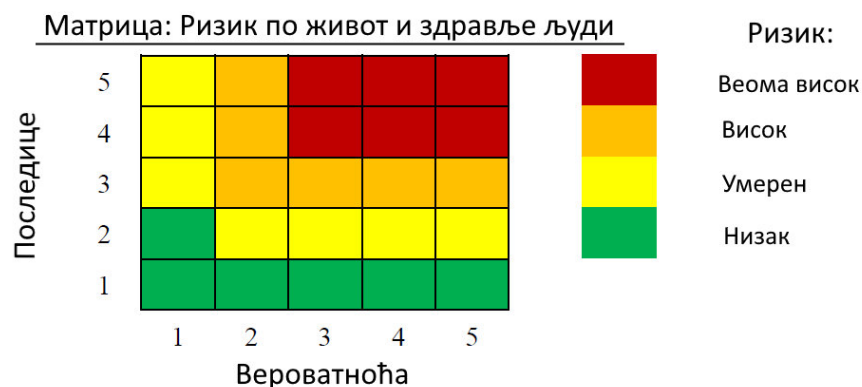
$R$  – процењена вредност ризика,  $s_i$  – број сценарија ризика,  $p_i$  – вероватноћа појаве сценарија  $s_i$  и  $d_i$  – процењена вредност настале штете услед појаве сценарија  $s_i$ . Значај наведеног приступа се огледа у могућности графичког приказа различитих дијаграма ризика, од којих је најзаступљенији дијаграм под називом крива ризика (енг. Risk curve).



Слика 4-6: Криве ризика [149]

Крива ризика представља дијаграм који је широко заступљен у инжењерској пракси јер приказује зависност између вероватноће појаве и вредности процењеног ризика. Сортирањем сценарија према растућој вредности вероватноће појаве и припадајуће вредности ризика за сваки од сценарија одређују се тачке на дијаграму помоћу којих се, регресионом анализом, одређује функција криве ризика.

Предности примене криве ризика се огледа у томе што се на основу визуелног приказа промене ризика у зависности од вероватноће појаве могу идентификовати области дијаграма у којима би требало да се налазе граничне вредности вероватноће за димензионисање инжењерских објеката. Са друге стране, крива ризика веома много зависи од анализираних система или анализираних локација. Иако се у инжењерској пракси могу наћи „типске“ криве ризика за одређене системе, оне се могу користити само као смернице за проверу спроведених прорачуна. Као што је приказано на Слици 4-6, за две различите локације имамо две криве ризика (Risk curve A и Risk curve B). Поред криве ризика, у стручној литератури је заступљен и приступ процене ризика на основу матрице ризика [144]. Матрице ризика врше класификацију ризика на основу вероватноће појаве одређеног сценарија и вредности настале штете, односно последица. Формиране на принципу угрожености (енг. vulnerability) [151], матрице ризика имају значајну улогу у инжењерској пракси као средство визуелизације ризика у случајевима када се вршити одлучивање између више сценарија.



Слика 4-7: Пример матрице ризика [144]

Примена матрица ризика захтева формирање класификације могућих вредности вероватноће појаве и могућих последица. Наведена особина може довести до проблема приликом практичне примене, јер се променом граничних вредности класа директно мењају класе ризика у матрици ризика. У стручној литератури се могу наћи препоруке за усвајање класних граница у зависности од анализираних проблема, чиме се у великој мери елиминише субјективност у наведеном приступу.

Модел процене ризика у оквиру овог истраживања се базира на пробабилистичком приступу одређивању ризика. Опис наведеног приступа захтева дефинисање врсте изучаваног ризика, услед чега ће прво бити приказане потребне поделе ризика.

У стручној литератури се може наћи више различитих класификација ризика, док ће у овом раду бити приказане три поделе ризика које су најчешће заступљене у техничким наукама. Једна од најшире заступљених подела ризика дели ризике према врсти перцепције опасности [152] на:

- Објективан ризик,  $R_o$ , који се заснива на стварној физичкој појави која поседује објективну вероватноћу појаве  $p_o$ ,
- Субјективни ризик,  $R_s$ , који се заснива на субјективној вероватноћи појаве  $p_s$ . Субјективна вероватноћа појаве се дефинише као ниво уверења у одређену тврдњу. Величине  $R_s$  и  $p_s$  нису карактеристике физичког система, али се могу довести у функционалну зависност са величинама  $R_o$  и  $p_o$ ,
- Спознајни ризик,  $R_p$ , који произилази из личног осећаја страха услед суочавања са нежељеним догађајем. Овај ризик је последица страха од суочавања са непознатим, услед чега није последица физичког система али се може довести у функционалну зависност и са објективним и са субјективним ризиком.

Наведена подела се ваoma често погрешно интерпретира и упућује на велики значај процене субјективног или спознајног ризика, а заправо објективни ризик доводи до настанка штете [149]. Друга подела ризика дели ризике према томе да ли постоје подаци евиденције нежељених догађаја [153] на:

- ризике за које постоје статистички подаци о појави и насталим штетама у прошлости,
- ризике за које постоје неки докази да су се јавили у прошлости, али не постоје јасне везе између узрока и процењених последица, и
- ризици који се процењују на основу екстраполације криве вероватноће појаве, јер не постоје евиденције да су се такви догађаји икада десили.

Трећа подела дели ризике на основу односа извора опасности и система [153] на:

- Спољашње ризике (енг. External risk), код који се извор опасности налази изван анализираних система и
- Унутрашње или створене ризике (енг. Manufactured risk), код којих извор опасности настаје унутар система, односно систем има утицај на извор опасности.

У спољашње ризике се, у најширем схватању, сврставају све екстремне природне појаве, док се у унутрашње ризике сврставају све појаве које су настале људским деловањем. Наведена подела је под великим утицајем размере сагледавања одређеног проблема. Тако, на пример, појава великих вода на неком бујичном сливу се на најмањој, локалној, размери може посматрати као спољашњи ризик, док се на највећој, глобалној размери може посматрати као створени ризик, настао услед глобалног загревања и људског утицаја на промену климе.



У оквиру овог истраживања примењен је пробабилистички модел процене ризика анализираних појава преливања воде преко саобраћајнице у профилу путног пропуста на бујичним сливовима. Према претходно наведеним поделама овај модел се бави одређивањем објективног ризика, спада у групу ризика који се одређују на основу вероватноће појаве или повратног периода, и бави се анализом спољашњег ризика, односно ризика од природне непогоде, појаве падавина екстремног интензитета и кратког трајања.

Пробабилистички модел процене ризика се базира на принципима моделовања статистички независних променљивих и одређивања повратног периода анализираних појава [153]. Извођење једначине модела захтева објашњење наведених појмова у контексту вероватноће појаве поплава.

Уколико посматрамо временску серију осматраних поплава, где за сваки целобројну јединицу времена  $t = 1, 2, 3, \dots$  имамо вредност протицаја пика поплавног таласа, означену независном променљивом  $X$ , онда се функција расподеле  $F(x)$  дефинише као вероватноћа да ће  $X$  бити мање или једнако од  $x$  за неку од будућих поплава. Што се математички записује:

$$F(x) = P[X \leq x] \quad (4-4)$$

где:

$P(\cdot)$  – представља вероватноћу да се догађај, обележен унутар заграда, неће догодити, и назива се вероватноћа непревазилажења [149]. Основна претпоставка наведене дефиниције је да су вредности пикова поплавних таласа међусобно независне променљиве, односно да је  $X$  независна променљива.

Функција расподеле вероватноће може се дефинисати и помоћу вероватноће превазилажења  $P[X \geq x]$ , као:

$$F(x) = 1 - P[X \geq x] \quad (4-5)$$

Ако у посматраном низу поплава временска скала има јединицу „година“ онда се повратни период неког догађаја  $x$  дефинише математички као:

$$T_p(x) = \frac{1}{P[X \geq x]} = \frac{1}{1 - P[X \leq x]} \quad (4-6)$$

Величина  $T_p(x)$  се у хидролошкој пракси назива повратни период или просечни повратни период (енг. average return period), јер означава да се појава  $x$  јавља у просеку сваких  $T_p$  година. Битно је нагласити да повратни период не одређује егзактну вредност временског периода између два узастопна догађаја већ просечну вредност временског периода.

Пробабилистички приступ процени ризика се базира на вези између вредности ризика и повратног периода посматране појаве. Наведена веза је веома значајна у области планирања, пројектовања и оперативног функционисања инфраструктуре за потребе одбране од поплава, са којом је према извору

опасности повезан и анализирани проблем појаве преливања воде преко саобраћајнице у профилу путног пропуста на бујичним сливовима.

Ради једноставности записа у даљем извођењу ће се увести ознаке  $p$  и  $q$  за вероватноћу превазилажења и вероватноћу непревазилажења, респективно, према наредним једначинама:

$$p = 1 - F(x) = 1 - q \quad (4-7)$$

$$q = F(x) = 1 - p \quad (4-8)$$

На основу претходно дефинисаних појмова може се закључити да вероватноћа појаве догађаја  $x$  следеће године износи:  $p = 1/T_p$ . Наведени закључак је последица особине да повратни период представља просечну вредност појаве између два узастопна догађаја и претпоставке да је променљива  $x$  независна променљива, на основу чега је вероватноћа појаве једнака реципрочној вредности повратног периода. Са друге стране, вероватноћа да се догађај  $x$  неће јавити наредне године износи:  $q = 1 - p = 1 - 1/T_p$ .

Уколико посматрамо одређени временски оквир од  $n$  година, вероватноћа да се догађај  $x$  први пут јави у посматраном временском оквиру једнака је производу вероватноће да се догађај  $x$  неће јавити  $n - 1$  годину, или  $n - 1$  пут, и вероватноће да ће се јавити један пут, што се математички записује:

$$P[x = 1, n] = q^{n-1} * p = \left(1 - \frac{1}{T_p}\right)^{n-1} * \frac{1}{T_p} \quad (4-9)$$

Пробабалистички приступ дефинише ризик као вероватноћу да ће се нежељени догађај догодити барем једном у току експлоатационог периода, или пројектног века, анализираних објекта. Уколико је пројектни или експлоатациони век неког објекта једнак  $n$  година, што представља временски оквир, онда се вероватноћа да се нежељени догађај  $x$  јави барем једном одређује као збир вероватноћа: да се догађај  $x$  јави прве године, па затим да се догађај  $x$  не јави прве већ да се јави друге године, затим да се догађај  $x$  не јави ни прве ни друге године већ да се јави треће године, и тако редом до члана који чини производ вероватноће да се догађај  $x$  неће јавити  $(n - 1)$  годину и вероватноће да ће се јавити  $n$ -те године.

Математички запис пробабалистичког одређивања вероватноће гласи:

$$R = P[x \geq 1, n] = p + p * q + p * q^2 + p * q^3 + \dots + p * q^{n-1} \quad (4-10)$$

Уколико у једначину (4-10) као смену уведемо једначину (4-7) добијамо израз:

$$R = 1 - q + q - q^2 + q^2 - q^3 + \dots + q^{n-1} - q^n \quad (4-11)$$

Сређивањем израза (4-11) и увођењем смене  $p = 1/T_p$  добија се коначни израз за одређивање ризика према пробабалистичком приступу:

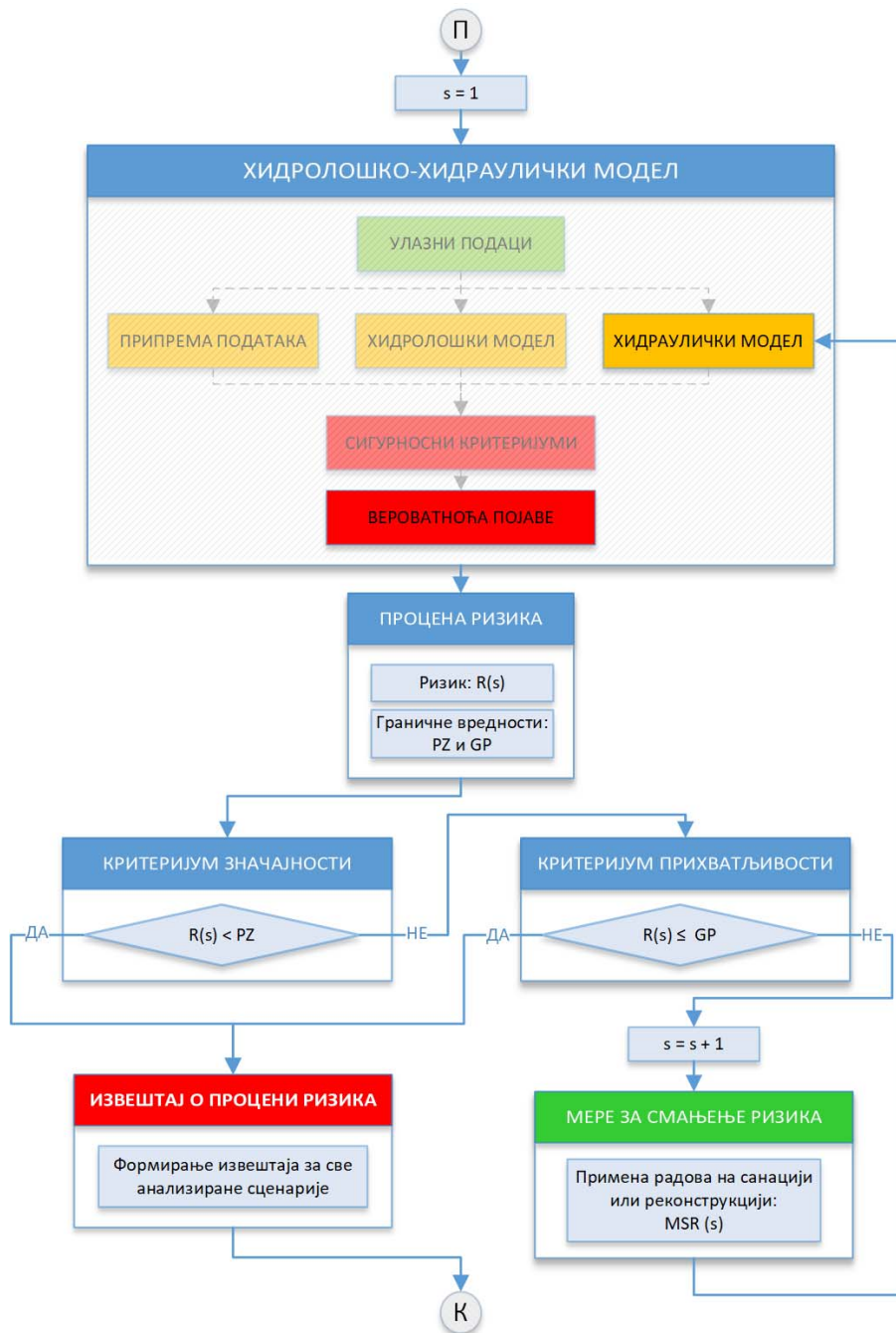
$$R = 1 - q^n = 1 - \left(1 - \frac{1}{T_p}\right)^n = 1 - (1 - p)^n \quad (4-12)$$

где је:

$R$  – вредност ризика услед појаве нежељеног догађаја, вероватноће појаве  $p$ , и повратног периода  $T_p$ , у току експлоатационог века објекта од  $n$  година.

Циљ овог истраживања је формирање модела процене ризика који ће се базирати на јасно дефинисаним, објективним, подацима на основу којих ће се вршити прорачун ризика услед анализираних појава. Модел процене ризика услед појаве преливања воде преко саобраћајнице у профилу путног пропуста на бујичном сливу формиран је на основу пробабилистичког приступа одређивања ризика, који захтева вредност вероватноће појаве посматраног сценарија и експлоатациони век објекта.

Алгоритамски приказ модела процене ризика, који се се базира на хидролошко-хидрауличком моделу одређивања вероватноће појаве преливања воде преко саобраћајнице у профилу путног пропуста на бујичним сливовима, дат је на Слици 4-8.



Слика 4-8: Модел процене ризика

Модел процене ризика појаве преливања воде преко саобраћајнице у профилима путних пропуста на бујичним сливовима се занима на пробабилистичком приступу процене ризика на основу одређивања вероватноће појаве анализираних догађаја. Одређивање вероватноће појаве анализираних догађаја је извршено на основу хидролошко-хидрауличког модела одређивања вероватноће појаве преливања воде преко саобраћајнице у профилима путних пропуста на бујичним сливовима. На основу претходног се може закључити да приказани модел процене ризика представља надоградњу хидролошко-хидрауличког модела анализираних појава, која резултате модела физичке појаве трансформише у вредности ризика. Оваквим приступом се врши процена ризика појаве преливања воде преко саобраћајнице која се може имплементирати у постојећу методологију процене ризика од поплава.

Прва променљива која се формира у оквиру модела процене ризика анализираних догађаја јесте бројач сценарија  $s$ . Овде се мора напоменути да приказани модел процене ризика врши прорачуне само услед једно-хазардног сценарија. Под једно-хазардним сценаријом се подразумева сценарио услед појаве преливања воде преко саобраћајнице и ниједног другог судејствујућег хазарда, јер је модел процене ризика анализираних појава и конципиран тако да представља надоградњу постојећих метода мапирања ризика. Улога бројача сценарија се огледа у анализи примене мера за смањење ризика, које ће бити касније објашњене.

Хидролошко-хидраулички модел појаве преливања воде преко саобраћајнице у профилу путног пропуста на бујичним сливовима комплетно је имплементиран у модел процене ризика и у целости функционише према принципима описаним у поглављу 4.1.

Следећа функционална целина, после примене хидролошко-хидрауличког модела, се бави одређивањем ризика. У оквиру ове функционалне целине се врши прорачун ризика анализираних појава на основу излазних вредности хидролошко-хидрауличког модела, а то су вероватноћа појаве преливања  $P(\%) = P(Q_{max}^{ul})$ , повратног периода велике воде коју путни пропуст мора да пропусти ( $T_p^{КСВП}$ ) и вредност критеријума хидраулички предимензионисаних пропуста (КХПП).

Процена ризика за одређени сценарио се врши на основу једначине (4-12). Пробабилистички приступ процени ризика захтева две улазне величине, вероватноћу појаве анализираних сценарија  $p = P(\%) = P(Q_{max}^{ul})$  и експлоатационог века анализираних објекта  $n$ . Експлоатациони век или пројектни период употребе анализираних објекта  $n$ , који се изражава у годинама експлоатације, представља целобројну вредност која представља трећи податак из групе правно-регулаторних података и одређује се из законских и техничких прописа или се преузима из техничке документације анализираних објекта.

Примена модела процене ризика захтева дефинисање и два класификациона критеријума ризика на основу којих се дефинише опсег прихватљивог ризика. Концепт прихватљивог ризика (енг. Acceptable risk) [149] се у стручној литератури анализира са више аспеката, јер је повезан са великим бројем непознаница [154]. Без улажења у анализу да ли је технички оправдано одређивати границу прихватљивости ризика, у оквиру овог истраживања су дефинисане две граничне вредности ризика, на основу којих се врши класификација ризика на ризик: занемарљиве вредности, прихватљиве вредности и високе вредности.

Прва гранична вредност ризика је **праг значајности ризика**,  $PZ$ , који се дефинише као минимална вредност ризика испод које се све вредности ризика могу сматрати занемарљивим. Праг значајности ризика се одређује на основу критеријума хидраулички предимензионисаних пропуста,  $KXPP$ , према једначини (4-1), а на основу повратног периода  $T_p^{KXPP}$ , који има дупло већу вредност у односу на законски критеријум за димензионисање анализираних објекта  $T_p^{KCBPP}$ .

$$PZ = 1 - \left(1 - \frac{KXPP}{100}\right)^n \quad (4-13)$$

Друга гранична вредност ризика је **граница прихватљивости ризика**,  $GP$ , која се дефинише као максимална вредност ризика која се може прихватити обзиром на врсту опасности и последице. За различите последице се дефинишу различите границе прихватљивости, на пример када је у питању материјална штета граница прихватљивости може варирати у одређеном опсегу, док када су у питању људски животи граница прихватљивости је једна нули. У оквиру овог истраживања граница прихватљивости је дефинисана на основу законски дефинисаног критеријума за димензионисање путних пропуста, који се изражава преко повратног периода велике воде  $T_p^{KCBPP}$ , и која се одређује према формули:

$$GR = 1 - \left(1 - \frac{1}{T_p^{KCBPP}}\right)^n \quad (4-14)$$

Кроз следећа два корака врши се класификација ризика, одређеног према једначини (4-12), применом два класификациона критеријума. Први класификациони критеријум јесте критеријум значајности, који пореди вредност ризика анализиране појаве  $R(s)$  са граничном вредношћу прага значајности  $PZ$ . Уколико је вредност ризика мања од прага значајности,  $R(s) < PZ$ , ризик за анализирани сценарио се класификује као ризик занемарљиво мале вредности и модел процене ризика прелази на процес формирања извештаја о процени ризика, који ће касније бити детаљно објашњен.

За вредности ризика које су веће или једнаке од прага значајности, модел процене ризика врши проверу другог класификационог критеријума, критеријума прихватљивости. Критеријум прихватљивости класификује вредност ризика у

односу на вредност границе прихватљивости  $GP$ . У случају да је вредност ризика од анализирани појаве мања или једнака од вредности границе прихватљивости,  $R(s) \leq GP$ , ризик за анализирани сценарио се класификује као ризик прихватљиве вредности, а модел процене ризика прелази на процес формирања извештаја о процени ризика.

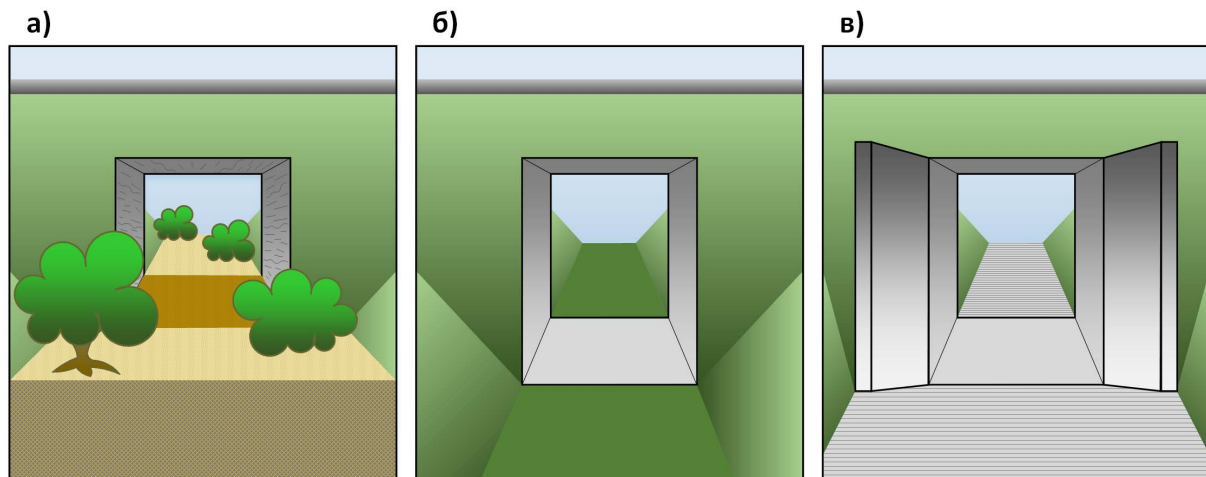
Фаза класификације ризика кроз два класификациона критеријума има један неповољан исход, а то је случај када је вредност ризика за анализирани сценарио већа од границе прихватљивости,  $R(s) > GP$ . Формално решење наведене ситуације се своди на констатацију да анализирани сценарио поседује високу вредност ризика од анализирани појаве. Инжењерски приступ, са друге стране, поред формалне евиденције проблема захтева и предлог могућих решења ученог проблема. Проблем се своди на питање: Шта радити са путним пропустом за чије је тренутно стање одређена висока вредност ризика од појаве преливања воде преко саобраћајнице?

Одговор на постављено питање се одређује применом следеће функционалне целине у оквиру модела процене ризика која се бави мерама за смањење ризика. На основу инжењерског приступа анализирани проблем, модел процене ризика је, поред формалне класификације вредности процењеног ризика, проширен анализом мера за смањење ризика. Мере за смањење ризика представљају веома значајан део анализе ризика и, у зависности од извора ризика, могу обухватати веома велики спектар различитих процеса. У инжењерској пракси постоји већи број различитих мера за смањење ризика анализирани појаве, које се према различитим критеријумима могу поделити на:

- директне и индиректне мере, према критеријуму који врши разграничење на основу тога да ли се предвиђени радови за смањење ризика обављају на самом објекту путног пропуста или на узводном сливу и низводном каналу,
- активне и пасивне мере, према критеријуму који врши разграничење на основу тога да ли се повећава пропусна моћ путног пропуста или се повећава ретензиона моћ слива,
- грађевинске и саобраћајне мере, према критеријуму који врши разграничење на основу тога да ли се смањење ризика врши применом грађевинских радова или применом неке од мера регулације саобраћаја.

Обзиром да анализа утицаја различитих врста радова на смањење ризика од појаве преливања воде преко саобраћајнице у профилу путног пропуста на бујичиним сливовима представља један од праваца будућих истраживања, ради приказа примене метода за смањење ризика у овом раду су анализирани само директне, активне, грађевинске мере за смањење ризика. Грађевински радови на повећању пропусне моћи путног пропуста могу се поделити у две групе: радови на санацији путног пропуста и радови на реконструкцији путног пропуста. Имплементација мера за смањење ризика је извршена помоћу вредности бројача сценарија  $s$ , чија вредност врши разграничење између три анализирани

стања путног пропуста. Као што је претходно наведено, модел процене ризика анализираних појава се базира на једнохазардним сценаријима, услед чега вредност бројача сценарија одређује анализирано стање путног пропуста, које може бити: постојеће (тренутно или експлоатационо), санирано и реконструисано стање. Слика 4-9 даје приказ анализираних стања путног пропуста.



Слика 4-9: Приказ анализираних стања путног пропуста: а) постојеће (експлоатационо) стање, б) санирано стање и в) реконструисано стање

Вредност бројача сценарија  $s = 1$ , одређена на почетку модела процене ризика, означава да се претходно спроведене анализе и прорачуни се односе на постојеће, тренутно или експлоатационо стање пропуста, под којим се подразумевају све физичке промене путног пропуста настале у току периода експлоатације. Физичке промене путног пропуста обухватају: оштећења бетонских површина у телу пропуста, као и улазног и излазног дела пропуста, запуњеност пропуста каменим наносом и смањење активне површине улазног и излазног дела пропуста вегетацијом. Битно је нагласити да су се сви до сада приказани прорачуни односили на тренутно (експлоатационо) стање анализираних путног пропуста.

Први корак примене мера за смањење ризика јесте повећавање вредности бројача сценарија за један,  $s = s + 1$ . Прва мера за смањење ризика предвиђа примену радова на санацији путног пропуста. Тако да вредност бројача сценарија  $s = 2$  означава да се анализе врше за санирано стање путног пропуста. Под радовима на санацији путног пропуста подразумевају се сви потребни грађевински радови за враћање постојећег пропуста у стање новоиграђеног објекта. Ови радови обухватају: чишћење каменог наноса из тела пропуста, поправљање оштећења бетонских површина пропуста и уклањање вегетације са улазног и излазног дела пропуста.



У оквиру примене мера за смањење ризика од анализиране појаве уводи се нова променљива  $MSR(s)$ , која има улогу евиденције примењених радова за смањење ризика за одређени сценарио  $s$ . Са алгоритамског приказа модела процене ризика, Слика 4-8, се види да за сценарио  $s = 1$  променљива  $MSR(1)$  не постоји. Наведена констатација је логична, јер се под сценаријом  $s = 1$  подразумева постојеће стање путног пропуста за које нису предвиђене никакве мере за смањење ризика, услед чега и нема потребе за променљивом  $MSR$ .

Вредност променљиве  $MSR(2)$  за сценарио  $s = 2$ , под којим се подразумева санирано стање путног пропуста, има тачно дефинисане грађевинске радове на санацији путног пропуста: уклањање вегетације на улазу и излазу пропуста, чишћење акумулираног каменог наноса и санација оштећених бетонских површина. Наведени радови су директно унети у Извештај о процени ризика, који представља крајњи излаз примене модела процене ризика и који ће бити детаљно описан касније.

Примена мера за смањење ризика, евидентираних у оквиру променљиве  $MSR(2)$ , подразумева одређивање нових вредности физичких параметара путног пропуста, које би анализирани пропуст има после примене грађевинских радова на санацији. Под новим вредностима физичких параметара се подразумевају подаци о пропусту који учествују у хидрауличком прорачуну пропусне моћи путног пропуста и под којима се најчешће подразумевају: нова вредност површине протицајног профила, нова вредност еквивалентног Манинговог коефицијента храпавости пропуста, нова вредност нагиба дна пропуста и сл.

Модел процене ризика врши евалуацију примењених радова на смањењу ризика, за вредност  $s = 2$  то су радови на санацији пропуста, тако што у оквиру хидролошко-хидрауличког модела у хидраулички модел уноси нове вредности физичких параметара за санирано стање путног пропуста. Према алгоритамском приказу модела процене ризика, Слика 4-8, прорачун се наставља одређивањем нове вредности максималног излазног протицаја путног пропуста пре почетка преливања воде преко саобраћајнице,  $Q_{max}^{izl}$ , у оквиру хидрауличког модела.

Затим се прорачун наставља одређивањем вредности пика улазног хидрограма,  $Q_{max}^{ul}$ , на основу претходно одређеног коефицијента трансформације пика хидрограма,  $K_{tr}$ , према једначини (4-2), у оквиру функционалне целине хидролошко-хидрауличког модела под називом одређивање вероватноће појаве. Вредност вероватноће појаве  $P(Q_{max}^{ul})$  одређује се на основу регресионе зависности, дефинисане у оквиру хидролошког модела и исказане једначином (3-40).

Након претходно описаних прорачуна, одређена је вредност вероватноће појаве преливања воде преко саобраћајнице за санирано стање путног пропуста,  $p = P(s = 2)$ . Одређена величина представља излазну вредност поновне примене хидролошко-хидрауличког модела. Овде је битно истаћи да се у оквиру поновне

примене хидролошко-хидрауличког не врши поновни прорачун свих процеса хидролошко-хидрауличког модела, већ само прорачуни у оквиру функционалних целина: хидролошки модел и вероватноћа појаве. Остали процеси у оквиру хидролошко-хидрауличког модела се прорачунавају само једанпут и остају непромењени у току свих наредних анализа, што је приказано шрафуром свих процеса у оквиру хидролошко-хидрауличког модела, на Слици 4-8, осим наведене два функционалне целине у којима се прорачуни изнова понављају.

Анализа примене радова на санацији путног пропуста, као мере за смањење ризика, се наставља одређивањем вредности ризика  $R(2)$  према једначини (4-12). Након одређене вредности ризика за санирано стање путног пропуста врши се класификација ризика провером два класификациона критеријума. Треба нагласити да граничне вредности ризика остају непромењене, јер оне нису под утицајем анализираних стања путног пропуста, већ су одређене на основу законских прописа.

Критеријум значајности може класификовати одређену вредност ризика за санирано стање путног пропуста као ризик занемарљиво мале вредности и упутити на процес формирања извештаја о процени ризика, или упутити прорачун на проверу критеријума прихватљивости. Критеријум прихватљивости може класификовати вредност ризика за санирано стање пропуста као ризик прихватљиве вредности и упутити на процес формирања Извештаја о процени ризика или константовати да санирано стање пропуста и даље поседује висок ниво ризика од анализираних појава и прорачун упутити на примену грађевинских радова на реконструкцији путног пропуста, као следеће мере за смањење ризика.

Анализа примене радова на реконструкцији пропуста започиње увећавањем вредности бројача сценарија за један,  $s = s + 1$ . Тако да вредности бројача сценарија које су веће од 2,  $s > 2$ , означавају да се прорачуни врши за реконструисано стање путног пропуста. Радови на реконструкцији путног пропуста обухватају велики опсег грађевинских радова којима се могу мењати како диманзије или број путних пропуста, тако и карактеристике узводног или низводног канала, улазних и излазних делова пропуста и сл. Поред великог броја могућих грађевинских радова на реконструкцији, оквиру овог истраживања анализирани су: радови на уређењу узводног и низводног корита водотока, радови на хидрауличком обликовању улазне грађевине и радови на изградњи новог пропуста непосредно уз постојећи пропуст.

За разлику од мера за смањење ризика применом радова на санацији, који су били унапред дефинисани, вредност променљиве  $MSR(s > 2)$  подразумева примену радова на санацији и примену неког од радова на реконструкцији или комбинацију више радова на реконструкцији путног пропуста. Услед чега вредност променљиве  $MSR(s > 2)$  није претходно дефинисана већ се наводи у оквиру Извештаја о процени ризика.

Прорачун у оквиру модела процене ризика за примену грађевинских радова на реконструкцији путног пропуста, у оквиру мера за смањење ризика, се одвија по истој процедури као и код примене радова на санацији. Прво се у оквиру мера за смањење ризика изаберу грађевински радови на реконструкцији пропуста који ће бити примењени и евидентирани у оквиру променљиве  $MSR(3)$ . Под претпоставком примене наведених радова на реконструкцији одређују се нове вредности физичких параметара реконструисаног стања путног пропуста.

Прорачун се враћа на хидролошко-хидраулички модел у оквиру кога се одређује вредност максималног излазног протицаја путног пропуста,  $Q_{max}^{izl}$ , за реконструисано стање ( $s = 3$ ) путног пропуста. У оквиру прорачуна вероватноће појаве преливања врши се одређивање вредности пика улазног хидрограма,  $Q_{max}^{ul}$ , на основу већ одређене вредности коефицијента трансформације, помоћу једначине (4-2). Као излазна вредност примене хидролошко-хидрауличког модела за реконструисано стање пропуста ( $s = 3$ ) одређује се вредност вероватноће појаве преливања  $P(Q_{max}^{ul})$  на основу једначине (3-40).

Анализа примене радова на реконструкцији путног пропуста, сценарио  $s = 3$ , се наставља одређивањем вредности ризика  $R(3)$  према једначини (4-12). Након одређене вредности ризика за сценарио  $s = 3$ , модел процене ризика врши класификација ризика, помоћу критеријума значајности и критеријума прихватљивости, уз напомену да граничне вредности ризика остају непромењене. Класификацијом ризика за сценарио  $s = 3$ , примена групе радова  $MSR(3)$  на реконструкцији путног пропуста, као ризика занемарљиво мале или прихватљиве вредности, модел процене ризика упућује на процес формирања Извештаја о процени ризика.

У случају да је вредност ризика за сценарио  $s = 3$  класификована као висока вредност ризика, модел процене ризика предвиђа могућност поновног, итеративног, прорачуна ризика применом нове комбинације грађевинских радова на реконструкцији пропуста. Након тог корака, вредност бројача сценарија ће се увећати за један, променљива  $MSR(4)$  ће евидентирати нову комбинацију грађевинских радова на реконструкцији и извршиће се поновни прорачун вредности ризика за сценарио  $s = 4$ . Модел процене ризика предвиђа могућност итеративног понављања прорачуна ризика, за различите комбинације грађевинских радова, све док се не одреди комбинација радова који би вредност ризика услед анализираних пројаве класификовали у групу занемарљиво мале или прихватљиве вредности.

У више итерација унутар модела процене ризика могу се поредити утицаји примене различитих комбинација радова на реконструкцији на повећање протицајног капацитета пропуста. Укључивањем цене извођења предвиђених радова отвара се могућност примене модела процене ризика за потребе техно-

економске анализе поређења више различитих комбинација радова, што може представљати један од праваца за будућа истраживања.

Модел процене ризика од појаве преливања воде преко саобраћајнице у профилу путног пропуста на бујичном сливу, за вредности ризика које се категоришу као занемарљиво мале или прихватљиве, упућује на процес формирања Извештаја о процени ризика. Извештај о процени ризика представља резултат примене модела процене ризика, који је уобличен у типски образац који евидентира најзначајније резултате у оквиру примене модела. Форма типског Извештаја о процени ризика је приказан на Слици 4-10:

**ИЗВЕШТАЈ О ПРОЦЕНИ РИЗИКА**  
од појаве преливања воде преко саобраћајнице у профилу путног пропуста на бујичном водотоку

**ПОДАЦИ О ПУТНОМ ПРОПУСТУ:**  
Путна деоница: \_\_\_\_\_  
Категорија саобраћајнице: \_\_\_\_\_  
Стационажа објекта: \_\_\_\_\_

**СЦЕНАРИО S=1 .... [Постојеће стање пропуста]:**  
Применом модела процене ризика за анализирани путни пропуст одређене су:  
-Граничне вредности: 1. Праг значајности **PZ** = \_\_\_\_\_  
2. Граница прихватљивости **GP** = \_\_\_\_\_  
-Вредност ризика од анализирани појаве: **R(1)** = \_\_\_\_\_

КЛАСИФИКАЦИЈА РИЗИКА: **PZ** **GP**



На основу дијаграма одређено је да постојеће стање анализираниг пропуста поседује \_\_\_\_\_ (занемарљив/прихватљив/висок) ниво ризика.

**СЦЕНАРИО S=2 .... [Санирани стање пропуста]:**  
Прва мера смањења ризика јесте примена радова на санација путног пропуста:  
**MSR(2):** уклањање вегетације на улазу и излазу, чишћење акумулираног каменог седимента и санација оштећених бетонских површина.  
Поновном применом модела процене ризика, за санирани стање путног пропуста одређена је вредност ризика **R(2)**= \_\_\_\_\_, која према дијаграму одређује \_\_\_\_\_ (занемарљив/прихватљив/висок) ниво ризика услед примене радова на санацији пропуста.

**СЦЕНАРИО S=3 .... [Реконструисано стање пропуста]:**  
Друга мера мањења ризика јесте примена радова на реконструкцију путног пропуста:  
**MSR(3):** \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
Поновном применом модела процене ризика, за реконструисано стање путног пропуста одређена је вредност ризика **R(3)**= \_\_\_\_\_, која према дијаграму одређује \_\_\_\_\_ (занемарљив/прихватљив/висок) ниво ризика услед примене радова на реконструкцији пропуста.

**СЦЕНАРИО S=4 .... [Реконструисано стање пропуста]:**  
Друга мера мањења ризика јесте примена радова на реконструкцију путног пропуста:  
**MSR(4):** \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
Поновном применом модела процене ризика, за реконструисано стање путног пропуста одређена је вредност ризика **R(4)**= \_\_\_\_\_, која према дијаграму одређује \_\_\_\_\_ (занемарљив/прихватљив/висок) ниво ризика услед примене радова на реконструкцији пропуста.

Слика 4-10: Образац: Извештај о процени ризика

Образац Извештаја о процени ризика је конципиран као сумарни документ примене модела процене ризика од појаве преливања воде преко саобраћајнице у профилу путног пропуста на бујичном сливу. Први део образаца се односи на основне податке о путном пропусту, јер модел процене ризика предвиђа појединачну примену модела за сваки пропуст на некој деоници пута. Обзиром да нека деоница пута може имати већи број путних пропуста, подацима у првом делу образаца се одређује за који путни пропуст је примењен модел процене ризика.

Резултати примене модела процене ризика за сценарио  $s = 1$ , постојеће стање пропуста, евидентирају се у образац извештаја као вредност ризика  $R(1)$  заједно са граничним вредностима ризика: прагом значајности ( $PG$ ) и границом прихватљивости ( $GP$ ). На основу скале за класификацију ризика врши се класификација ризика за постојеће стање пропуста. За путни пропуст чије постојеће стање поседује занемарљиво малу или прихватљиву вредност ризика примена модела процене ризика се завршава констатацијом у образцу извештаја о процени ризика.

Уколико постојеће стање пропуста поседује висок ниво ризика, модел процене ризика предвиђа примену мера за смањење ризика у виду радова на санацији путног пропуста, који су дефинисани у вредности променљиве  $MSR(2)$  у образцу. Применом модела процене ризика за санирано стање пропуста одређује се вредност ризика  $R(2)$  услед анализирани појаве, који се одређује према скали за класификацију ризика. За путни пропуст чије санирано стање поседује занемарљиво малу или прихватљиву вредност ризика примена модела процене ризика се завршава констатацијом у образцу извештаја о процени ризика.

За висок ниво ризика санираног стања путног пропуста, модел процене ризика предвиђа примену радова на реконструкцији пропуста. У оквиру променљиве  $MSR(3)$  се у образцу уноси комбинација радова на реконструкцији пропуста. Под претпоставком примене радова на реконструкцији врши се одређивање вредности ризика  $R(3)$  и његова класификација.

Примена радова на реконструкцији се понавља за различите комбинације грађевинских радова све док се вредност ризика не класификује као занемарљиво мале или прихватљиве вредности ризика.

Приказани модел процене ризика се базира на пробабилистичком приступу одређивања објективног ризика од појаве преливања воде преко саобраћајнице у профилу путног пропуста на бујичним сливовима на основу хидролошко-хидрауличког модела анализирани појаве, и формиран је тако да се може имплементирати у постојеће анализе ризика од поплава. Модел предвиђа и примену мера за смањење ризика, у виду грађевинских радова на санацији или реконструкцији путног пропуста. Као резултат примене модела формира се Извештај о процени ризика, који представља типски образац који евидентира најзначајније резултате у оквиру примене модела.

### 4.3. Анализа осетљивости модела

Улога модела у науци се огледа у могућности да се, на основу одређених основних зависности између процеса који описују анализирану појаву и усвојених вредности параметара модела, одреде резултати за које не постоје подаци мерења или су ти подаци недоступни директном мерењу. Улазни параметри модела су увек под утицајем субјективне процене онога ко формира модел, јер он додељује вредности параметрима модела. Наведени приступ је повезан са великом непоузданошћу (енг. uncertainty) тако формираног модела [155], јер подразумева да особа која формира или користи одређени модел има савршено познавање свих процеса у моделу и утицаја свих улазних параметара модела [156]. Наравно да у великом броју случајева наведена претпоставка не важи услед чега може доћи до усвајања неодговарајућих вредности параметара. Непознавање осетљивости модела на промене вредности појединих параметара може довести до фокусирања на групу параметара која нема значајан утицај на резултате модела, док група веома осетљивих параметара може бити запостављена.

Управо из тих разлога, познавање осетљивости модела на промене улазних параметара може значајно помоћи како при развоју нових модела, тако и при примени постојећих. Анализа осетљивости модела представља јединствен инструмент за процену утицаја промене вредности улазних параметара на промену вредности излазних резултата модела. У стручној литератури се може наћи више различитих приступа за спровођење анализе осетљивости модела [53,157].

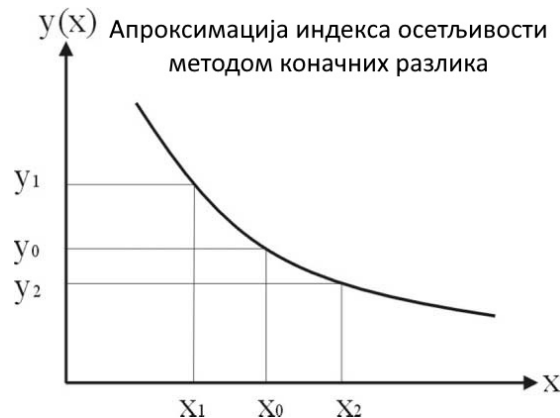
За потребе овог истраживања извршена је анализа осетљивости модела према принципу варирања вредности једног параметра док вредности осталих параметара модела остају непромењене. Постоје два основна приступа приликом примене анализе осетљивости према наведеном принципу, и они се разликују у одређивању опсега варирања појединачних параметара модела.

Конвенционални приступ подразумева промене вредности посматраног параметра за фиксни проценат почетне вредности параметра. Наведени приступ има два основна недостатка. Први недостатак се огледа у чињеници да одговор модела на промену вредности параметра не мора бити линеаран, услед чега ће варијације излазних резултата бити зависне од величине почетне вредности параметра. Према овом приступу, мала почетна вредност неког параметра модела довешће до малих варијација параметра, док ће велика почетна вредност неког параметра довести до великих варијација тог параметра. Други недостатак наведеног приступа се огледа у избору почетне вредности неког параметра. У случају да је почетна вредност параметра изабрана тако да се налази у близини границе домена тог параметра веома лако се може десити да

у току процеса варијације вредност параметра изађе из дефинисаног домена, односно да параметар узме неприхватљиве вредности.

Да би се избегли претходно наведени проблеми, у оквиру овог истраживања примењен је други, алтернативни, приступ варирању неког параметра модела. Према овом приступу, вредност анализираног параметра модела се варира за фиксни проценат опсега могућих вредности параметра, односно за фиксни проценат домена тог параметра [158].

Квантификација резултата примене анализе осетљивости се изражава бездимензионалним *индексом осетљивости*  $I$ , који представља однос релативне промене излаза модела и релативне промене вредности одређеног параметра. Математички гледано, зависност промене излаза  $y$  у односу на промену параметра  $x$  се изражава парцијалним диференцијалом  $\frac{\partial y}{\partial x}$ . Наведена диференцијална зависност се нумерички апроксимира методом коначних разлика.



Слика 4-11: Индекс осетљивости: апроксимација методом коначних разлика [158]

Нека је  $x_0$  вредност анализираног параметра која даје вредност излаза модела  $y_0$ , као што је приказано на Слици 4-11. Наведена почетна вредност параметра се мења за  $\pm \Delta x$ , чиме су одређене вредности параметра  $x_1 = x_0 - \Delta x$  и  $x_2 = x_0 + \Delta x$ , које дају вредности излаза модела  $y_1$  и  $y_2$ , респективно. Апроксимација методом коначних разлика је дата следећом једначином:

$$I' = \frac{y_2 - y_1}{x_2 - x_1} = \frac{y_2 - y_1}{(x_0 + \Delta x) - (x_0 - \Delta x)} = \frac{y_2 - y_1}{2\Delta x} \quad (4-15)$$

Обзиром да је индекс осетљивости  $I$  дефинисан као бездимензионалан индекс, потребно је извршити процес нормализације и дељеника и делиоца из једначине (4-15). Процесом нормализације индекса  $I'$  одређује се вредност индекса осетљивости  $I$  према следећој једначини:

$$I = \frac{(y_2 - y_1) / y_0}{2\Delta x / x_0} \quad (4-16)$$

Знак индекса осетљивости  $I$  показује да ли модел реагује директно или обрнуто пропорционално на промену вредности параметра, односно да ли повећање вредности анализираних параметара доводи до повећања вредности излаза модела или доводи до опадања вредности излаза модела, и обрнуто. За успешно спроведену анализу осетљивости модела потребно је извршити и класификацију нивоа осетљивости појединих модела у односу на апсолутну вредност индекса осетљивости, као што је приказано у Табели 4-1.

Табела 4-1: Класе нивоа осетљивости

Класа	Индекс осетљивости	Ниво осетљивости:
I	$0,00 \leq  I  < 0,05$	Занемарљив до мали
II	$0,05 \leq  I  < 0,20$	Средњи
III	$0,20 \leq  I  < 1,00$	Висок
IV	$ I  \geq 1,00$	Веома висок

У оквиру овог истраживања извршена је анализа осетљивости формираног модела процене ризика анализираних појава ради одређивања најугроженијих параметара. Резултати анализе осетљивости ће идентификовати најзначајније параметре модела који се морају што тачније проценити ради адекватне примене модела процене ризика анализираних појава.

Први корак анализе осетљивости модела представља одређивање независних параметара модела. Под независним параметрима модела подразумевају се параметри које се не израчунавају већ се уносе на основу препорука или према емпиријским образцима за њихову процену, услед чега њихова вредност зависи од процене онога ко формира модел. За формирану хидролошко-хидрауличку модел анализираних појава одређено је седам независних параметара модела који су приказани у Табели 4-2.

Табела 4-2: Параметри хидролошко-хидрауличног модела

Редни број:	Ознака:	Опис параметра:	Јединица:
1	CN	Број криве за одређивање ефективних падавина према методи SCS-CN	/
2	K	Коефицијент односа узлазне и силазне гране хидрограма отицаја	/
3	$H_{GW}/D$	Однос дубине горње воде и висине пропуста према методи НУ-8	/
4	$n_{pr}$	Manning-ов коефицијент рапавости путног пропуста	$m^{-1/3}s$
5	I	Пад или нагиб путног пропуста	%
6	$K_e$	Коефицијент губитака енергије на улазном делу пропуста	/
7	$V_{taw}$	Запремина привремено акумулиране воде	$m^3$



Први параметар представља параметар хидролошког модела, број криве CN, на основу кога се одређују вредности ефективних падавина за познате вредности укупних падавина. Према методи SCS-CN дате су препоруке за одређивање вредности параметра CN за различите врсте земљишта и различите намене површина на сливу. Наведена метода даје упутства за процену хидролошке групе земљишта за појединачне површине на сливу, као што је описано у поглављу Методе хидролошког модела. Оваква процена се тежинском методом обрађује и одређује вредност CN за читаву површину слива за просечне услове претходне влажности на сливу, а затим се та вредност увећава према емпиријској зависности, Прилог 4, на вредност за повишене услове претходне влажности земљишта на сливу.

Из наведеног се види да вредност CN зависи од више процена и емпиријских зависности па се у оквиру анализе осетљивости модела третира као независни коефицијент. Обзиром да су мали планински сливови, или бујични сливови, предмет овог истраживања, вредности параметра CN су вариране у опсегу од 78 до 98, са кораком варијације  $\Delta CN = 2$ .

Коефицијент  $K$  представља други параметар хидролошког модела који даје однос између времена подизања и времена опадања (ретардације) хидрограма отицаја са бујичног слива. Иако је основна намена наведеног коефицијента одређивање временске базе хидрограма отицаја, према једначини (3-20), овај коефицијент се може довести у директну везу са акумулационим капацитетом слива [10]. Под акумулационим капацитетом слива се подразумева способност слива да задржи одређену количину воде и директно је пропорционалан дубини земљишта на сливу и развијености вегетационог покривача на сливу. Што слив има већи акумулациони капацитет то ће вредност коефицијента  $K$  бити већа. За потребе овог истраживања, које се бави бујичним сливовима са плитким земљишним покривачем и слабо развијеном вегетацијом на сливу, коефицијент  $K$  је вариран у границама од 1 до 6, са кораком  $\Delta K = 0.5$ .

У оквиру хидрауличког модела фигурира параметар  $\frac{H_{GW}}{D}$  који представља однос дубине горње воде, на узводној страни пропуста, и висине протицајног профила путног пропуста. Максимална дубина горње воде  $H_{GW}$  је одређена максималном висинском котом завршног слоја коловозне конструкције у профилу путног пропуста  $Z_{max}$ , чијим превазилажењем почиње преливање воде преко саобраћајнице. Као и  $H_{GW}$ , и висина пропуста  $D$  се одређује на основу геодетских мерења на терену, а анализа наведеног параметра показује значај ових података на резултате примене хидролошко-хидрауличког модела. Наведени параметар је директно пропорционалан пиезометарској коти горње воде  $\Pi_{GW}$ , која одређује вредност хидростатичке силе притиска која покреће воду да тече кроз пропуст. Наведени параметар је вариран у распону од 1,5 до 6,5 са кораком од 0,5.

Као што је наведено у оквиру Методе хидрауличког модела и у поглављу 3.3, вредност Manning-овог коефицијента рапавости путног пропуста представља параметар који описује тренутно, експлоатационо, стање пропуста. Управо из тог разлога, овај параметар се одређује као композитна величина применом тежинске методе према једначини (3-61). У оквиру ове анализе вредности овог параметра су вариране у границама од 0,010 до 0,030  $m^{-1/3}s$ .

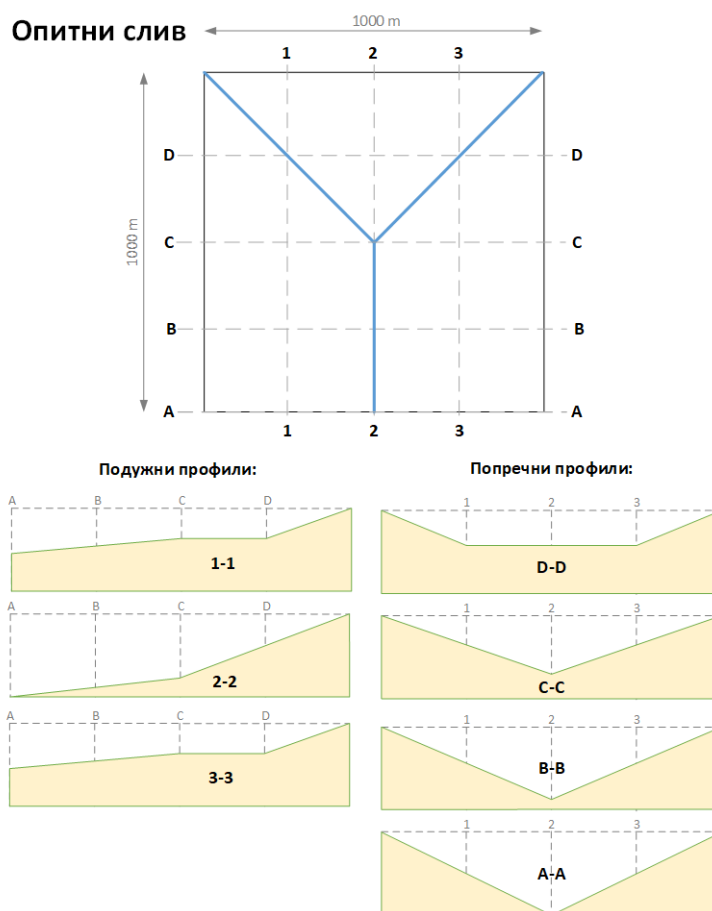
Још један параметар хидрауличког модела представља пад, или нагиб, путног пропуста  $I$ . Ова величина се усваја на основу података геодеских мерења постојећег стања путног пропуста, који варирају услед различитог нивоа запуњености различитих делова тела пропуста каменим наносом. Тако да је и поред геодетских мерења, овај параметар потребно усвојити у оквиру измерених граница. Овом анализом је извршена провера утицаја прецизности усвајања овог параметра на резултате хидролошко-хидрауличког модела. Падови пропуста су варирани у границама од 0 до 2%.

Приликом хидрауличког прорачуна максималног протицаја путног пропуста, коефицијент губитака енергије на улазном делу пропуста  $K_e$  представља битан коефицијент Бернулијаве енергетске једначине. Вредности наведеног коефицијента се могу усвојити из табела, Прилог 9, у зависности од облика улазне грађевине. Табеларне вредности коефицијента  $K_e$  су одређене на основу експеримената за конкретне случајеве и служе као оквирне вредности које треба да упуте онога ко формира модел у којим границама се вредности овог коефицијента могу налазити. У оквиру ове анализе вредности коефицијента  $K_e$  су вариране у границама од 0,2 до 0,7.

Одређивање коефицијента трансформације пика хидрограма, описаног у поглављу Методе хидрауличког модела, зависи од вредности привремено акумулиране запремине воде са узводне стране саобраћајнице  $V_{taw}$ . Наведена вредност запремине се одређује применом методе VBS, описаном у поглављу Методе за припрему података. Анализом наведене величине као параметра модела жели се извршити испитивање утицаја прецизности одређивања ове величине на резултате хидролошко-хидрауличког модела. За потребе ове анализе вредности привремено акумулиране запремине су вариране у границама од 0 до 2000  $m^3$ .

Пошто су дефинисани сви параметри хидролошко-хидрауличког модела, следећи корак анализе осетљивости модела представља дефинисање опитног слива и опитног пропуста на којима ће се извршити примена модела и одређивање утицаја појединачне варијације сваког од наведених параметара на резултате модела. Формирањем опитног слива и опитног пропуста желе се елиминисати све непознанице стварних, природних, сливова и пропуста, које могу утицати на резултате анализе осетљивости. Зато се уместо стварних

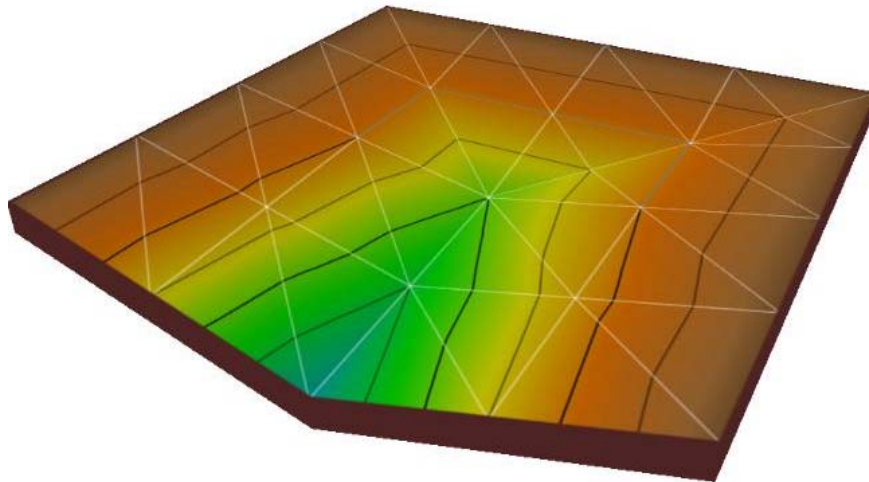
сливова и пропуста, за потребе анализе осетљивости модела, користе опитни сливови и пропусту са јасно дефинисаном геометријом.



Слика 4-12: Геометрија опитног слива са подужним и попречним профилима

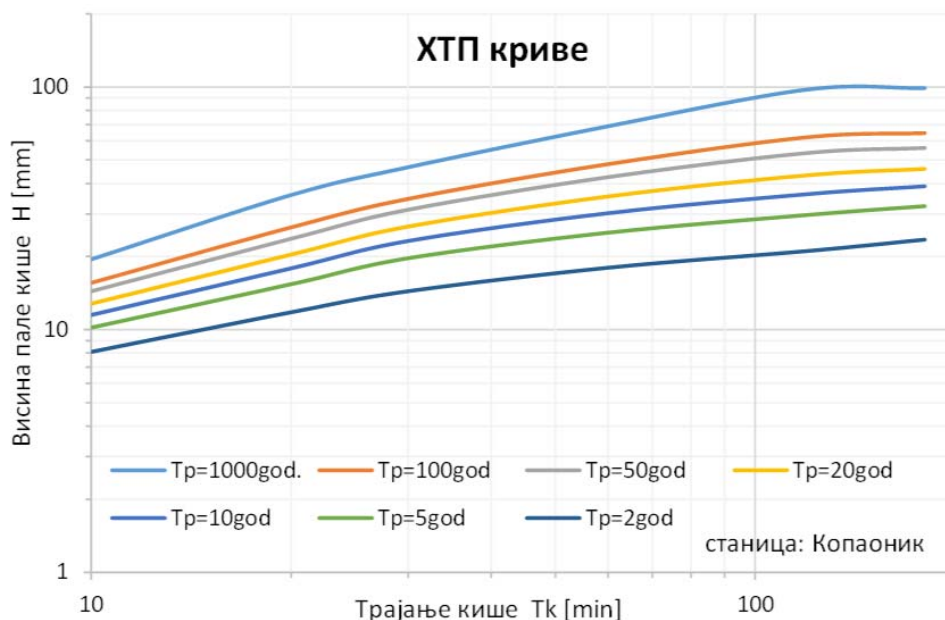
Анализа осетљивости модела извршена је на опитном сливу квадратне основе, димезија 1000 x 1000m, приказаном на Слици 4-12. Опитни слив је формиран тако да се састоји из три површи које прикупљају падавине ка јасно дефинисаним правцима отицаја. Највише висинске коте се налазе на источној, северној и западној ивици слива и износе константно 30m. Тачка у пресеку оса А и 2 представља најнижу тачку на сливу са висинском котом од 0m. Формирање површинског тока на сливу почиње у тачки С2 и одводи воду до излазне тачке А2. Висинска кота тачке С2 износи 10m и одређује пад главног површинског тока на опитном сливу од 2%, што је приказано на подужном профилу 2-2, деоница од профила А до С. Максимални пад на сливу имају површине на попречном профилу А-А и износе 6%. Уравнати пад опитног слива износи 2,571%.

На Слици 4-13 је дат тродимензионални приказ опитног слива са изохипсама и ТИН рачунском мрежом на основу које је формиран.



Слика 4-13: Тродимензионални приказ опитног слива

За разлику од опитног слива, улазни подаци о падавинама су преузети са падавинске станице Копаоник у виду ИТП кривих, које су за потребе прорачуна претворене у ХТП криве (висина-трајање-повратни период). Наведене падавине представљају улазне податке за одређивање хидрограма отицаја са слива. На Слици 4-14 су приказане ХТП криве за падавинску станицу Копаоник.

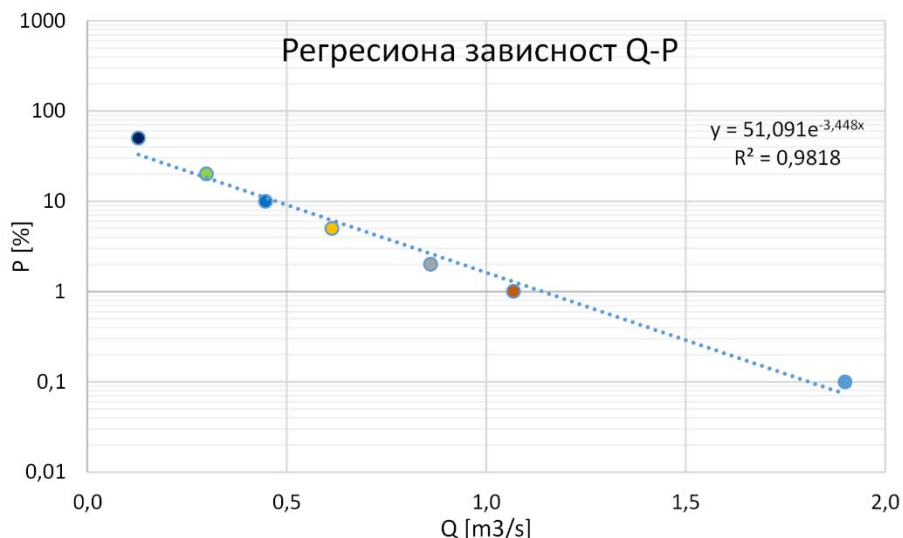


Слика 4-14: ХТП криве за анализу осетљивости модела

За опитни слив и улазне податке о падавинама извршена је примена хидролошког модела са свим подпроцесима (без потребе за применом методе просторне интерполације) приказаним у оквиру хидролошко-хидрауличког модела. Методом SCS-CN одређене су вредности ефективних висина падавина, за сваку од вредности параметра CN, а методом итеративног поступка одређено је меродавно трајање кише од 60 минута за анализирани опитни слив, за сваку појединачну вредност параметра K. За дефинисано трајање меродавне кише извршено је одређивање пикова хидрограма отицаја са слива за различите вредности вероватноће појаве  $P$ , која је одређена као реципрочна вредност повратног периода:

$$P = \left(1/T_p\right) * 100 (\%) \quad (4-17)$$

Као резултат хидролошког модела у оквиру анализе осетљивости модела одређена је регресиона зависност између вредности пика хидрограма и вероватноће појаве, односно одређени су коефицијенти регресионе једначине применом метода најмањих квадрата. На Слици 4-15 је приказана регресиона зависност Q-P за почетне вредности параметара CN и K.

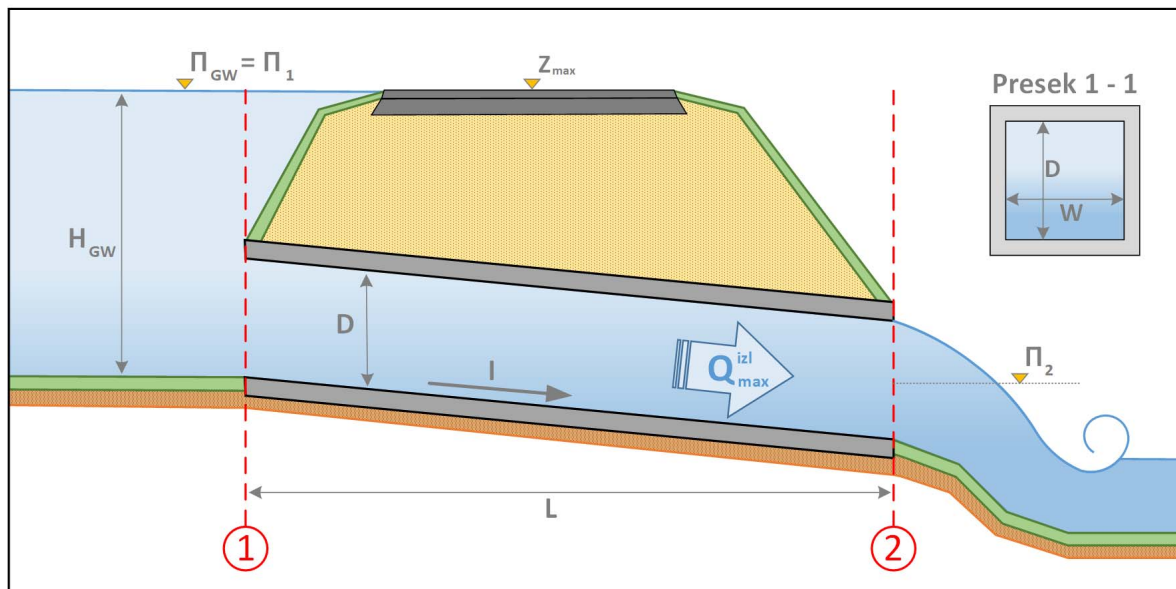


Слика 4-15: Регресиона зависност Q-P за почетне вредности параметара

Следећи корак анализе осетљивости модела процене ризика подразумева дефинисање опитног пропуста. Слично као и са опитним сливом, опитни пропуст представља вештачки дизајниран пропуст за потребе анализе осетљивости модела који треба да елиминира све непознанице стварних пропуста услед чега се могу јасније одредити утицаји параметара на излазе модела. За потребе овог истраживања усвојен је бетонски плочасти пропуст, квадратног попречног

пресека, висине  $D = 0,6m$  и ширине  $W = 0,6m$ . Дужина опитног пропуста је усвојена на  $L = 15m$ .

Поред физичких карактеристика опитног пропуста потребно је дефинисати и случај течења кроз путни пропуст. Као најкритичнији случај течења усвојен је случај 4 описан у методи НУ-8 у поглављу Методе хидрауличког модела. Наведени случај течења подразумева потопљено утицање у путни пропуст и течење пуним профилом кроз тело путног пропуста са слободним истицањем на низводном крају без утицаја доње воде. На Слици 4-16 је приказан опитни путни пропуст у карактеристичном случају течења.



Слика 4-16: Опитни пропуст у карактеристичном случају течења

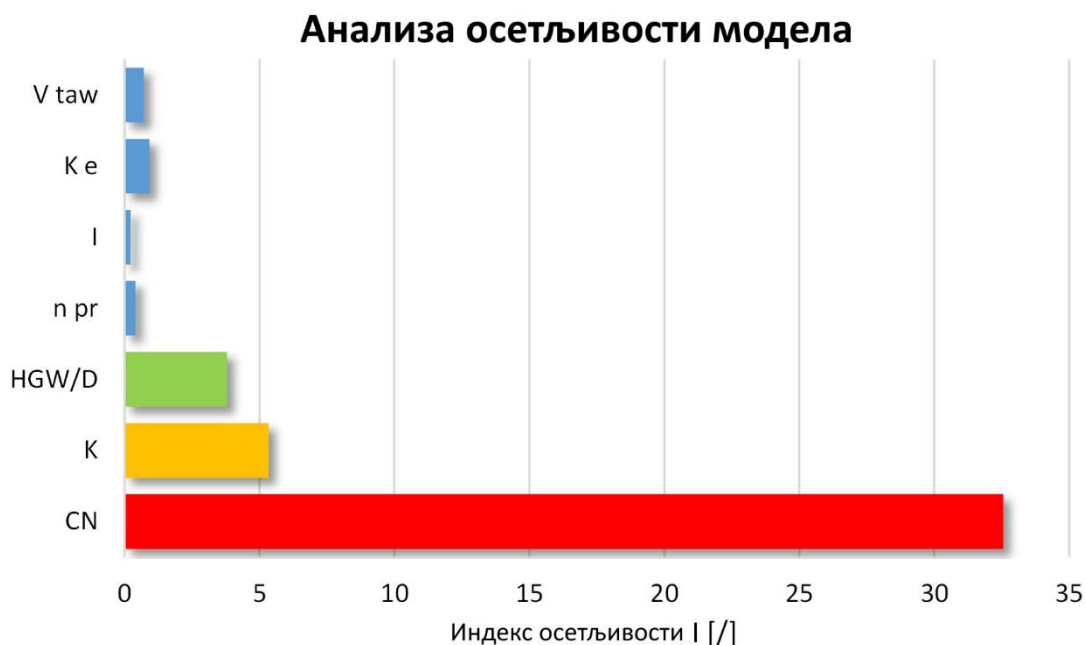
Примена хидрауличког модела на основу дефинисане геометрије и карактеристичног случаја течења захтева унос параметара хидрауличког модела:  $\frac{H_{GW}}{D}$ ,  $n_{pr}$ ,  $I$  и  $K_e$ . За одређивање коефицијета трансформације пика хидрограма потребно је унети параметар  $V_{taw}$ . Анализа осетљивости модела не обухвата правно-регулаторне податке, обзиром да су ти подаци законски дефинисани и стога нису подложни варијацијама. Из наведеног разлога, вредности правно-регулаторних података су усвојене према правно-техничкој регулативи Републике Србије, за државни пут другог реда. Према наведеним прописима усвојене су константне вредности правно-регулаторних података: повратни период великих вода  $T_p^{KCB\Pi\Pi} = 50$  год. и пројектни период обејкта је 30 година. Вредност индекса осетљивости  $I$  је одређена на основу бездимензионалне промене вредности ризика анализиране појаве у односу на вредност бездимензионалне промене појединачних параметара модела. Као што је на почетку овог поглавља наведено, изабрани приступ реализације анализе осетљивости модела подразумева варирање вредности једног

параметра док су вредности осталих параметара константне. Принцип варирања одређује почетне, минималне и максималне вредности, као и корак варирања параметара.

**Табела 4-3: Вредности параметара модела**

Редни број:	Ознака параметра:	Почетна вредност:	Min:	Max:	Корак варијације $\Delta$
1	CN	88	78	98	2
2	K	3,5	1	6	0,5
3	$H_{GW}/D$	4	1,5	6,5	0,5
4	$n_{pr}$	0,02	0,01	0,03	0,002
5	I	1	0	2	0,2
6	$K_e$	0,45	0,2	0,7	0,05
7	$V_{taw}$	1000	0	2000	200

За вредности параметара, приказане у Табели 4-3, извршена је анализа осетљивости модела која је валоризована одређивањем индекса осетљивости  $I$ , према једначини (4-16). Резултати примене анализе осетљивости модела процене ризика анализиране појаве приказани су на Слици 4-17.



**Слика 4-17: Резултати примене анализе осетљивости модела процене ризика анализиране појаве**

На основу резултата анализе осетљивости модела процене ризика анализиране појаве могу се донети следећи закључци:

- најосетљивији параметар модела је број криве CN, који одређује вредност ефективних падавина за повишене услове претходне влажности на сливу. Обзиром да вредност овог параметра директно утиче на регресиону зависност Q-P добијени резултат се може сматрати очекиваним. У оквиру најновијег истраживања које су спровели Verma и остали [159] потврђује се изнети закључак да је хидролошки модел базиран на SCS-CN методи веома осетљив на промену вредности параметра CN, што потврђују и закључци истраживања [37]. Овакав закључак се може формулисати и као препорука да је за адекватну примену овде приказаног хидролошко-хидрауличког модела веома битно прибавити квалитетне и ажуриране подлоге о врсти и начину коришћења земљишта на анализираном сливу, на основу којих се одређује вредност параметра CN.

- коефицијент облика хидрограма отицаја,  $K$ , представља други најосетљивији параметар модела. Овај параметар приказује однос времена узлазне и силазне гране хидрограма отицаја са слива. Обзиром да су предмет овог истраживања бујични сливови, вредности овог параметра су вариране у свом најутицајнијем опсегу. Код природних сливова, са дубљим земљиштем и бујнијом вегетацијом, вредности овог коефицијента могу бити значајно више, услед чега би се утицај овог параметра на излазе модела смањило. У стручној литератури се могу наћи препоруке и дијаграми за одређене сливове за усвајање овог параметра [10,75], али се овде даје препорука да је потребно спровести анализа на основу које ће се извршити одређивање вредности овог параметра.

- коефицијент који исказује однос висине горње воде и висине протицајног профила пропуста,  $\frac{H_{GW}}{D}$ , представља трећи значајан коефицијент хидролошко-хидрауличког модела. Као што је претходно наведено, овај коефицијент је директно пропорционалан хидростатичком притиску који потстиче повећање протицаја кроз путни пропуст. Наведени коефицијент се одређује на основу геодетских мерења на терену, а негов утицај на резултате примене хидролошко-хидрауличког модела истиче важност прецизно прикупљених података на терену.

Спроведена анализа осетљивости модела процене ризика од појаве преливања воде преко саобраћајнице у профилу путног пропуста на бујичном сливу приказује најутицајније параметре модела и даје препоруке за њихово адекватно усвајање за потребе практичне примене приказаном модела процене ризика.



#### 4.4. Коришћени софтвери

Примена модела процене ризика, који се базира на хидролошко-хидрауличком моделу изучаване појаве, који је функционално уобличен у алгоритам одређивања вероватноће појаве преливања воде преко саобраћајнице у профилу путног пропуста на бујичном сливу, захтева, поред улазних података описаних у поглављу 2, и примену више различитих метода прорачуна, које су детаљно описане у поглављу 3.

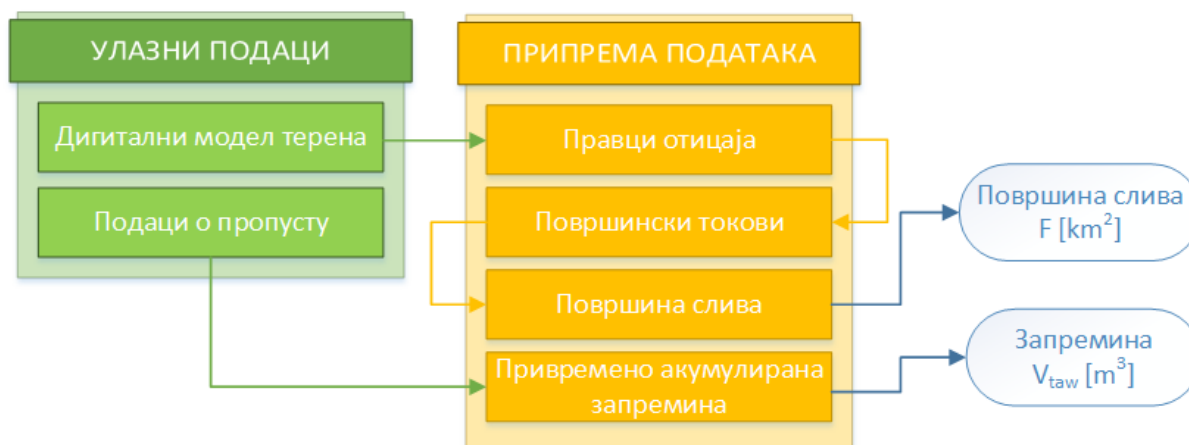
Специфичност моделовања процеса који доводе до изучаване појаве се огледа у чињеници да не постоји јединствено софтверско решење (комерцијални или некомерцијални софтвер) које би обухватило све наведене методе и омогућило обављање свих прорачуна у једном софтверу. Управо из тог разлога, примена различитих метода захтева различите софтверске пакете и платформе. У оквиру овог поглавља биће описане све софтверске платформе и додатни пакети софтверских алата за примену свих метода прорачуна, са посебном назнаком компактибилних формата фајлова потребних за међусобну размену између софтвера. Као један од праваца даљег развоја овде приказаног модела процене ризика јесте израда софтверске платформе у оквиру које би било могуће обавити све потребне прорачуне у оквиру једног софтверског пакета.

Приказ коришћених софтвера ће пратити алгоритамски приказ модела процене ризика од појаве преливања воде преко саобраћајнице у профилима путних пропуста на бујичним сливовима, који је приказан на Слици 4-8. Евиденција вредности бројача сценарија не захтева употребу софтвера и врши се у оквиру образца: Извештај о процени ризика, Слика 4-10.

Хидролошко-хидраулички модел анализиране појаве представља функционалну целину модела процене ризика која захтева употребу више различитих софтверских алата. Тако да ће опис коришћених софтвера потребних за примену претходно описаног модела процене ризика бити извршен кроз фазе реализације хидролошко-хидрауличког модела.

Прва фаза реализације хидролошко-хидрауличког модела се бави одређивањем улазних података за примену модела анализиране појаве и не захтева специфичне софтвере, већ се подаци могу директно преузети према референцама датим у поглављу 2. У оквиру друге фазе примене хидролошко-хидрауличког модела имамо три функционалне целине, чије ће међусобне интеракције бити детаљно описане кроз коришћене софтвере и потребне формате података.

Прва функционална целина у оквиру 2. фазе хидролошко-хидрауличког модела јесте група метода за припрему података. Слика 4-18 даје шематски приказ функционалних зависности у оквиру ове целине, док су у Табели 4-4 наведени софтвери и софтверски алати за наведене методе прорачуна.



Слика 4-18: Шематски приказ функционалних зависности у оквиру целине: Припрема података

Табела 4-4: Софтвери и софтверски алати коришћени за прорачуне у оквиру целине: Припрема података

Моделирани процес:	Метода:	Софтвер:	Софтверски алат:
Правци отицаја	D8	QGIS [175]	WhiteboxTools D8FlowAccumulation [176]
Површински токови	Strahle order		SAGA-GIS Tool Strahler Order [177]
Површина слива	$D\infty$		SAGA-GIS Module Upslope Area [178]
Привремено акумулирана запремина	VBS	Global Mapper [179]	Volume between surfaces

Улазни подаци прорачуна у оквиру целине Припрема података су Дигитални модел терена и подаци о пропусту. ДМТ се уноси у QGIS [175] софтвер у растерском облику, као геореференцирана слика формата .geoTIFF или само .TIFF. Од података о пропусту у овој фази прорачуна су потребни подаци о максималној висинској коти завршног слоја коловозне конструкције у профилу путног пропуста  $Z_{max}$  и податак о положају осовине пута у векторском облику у формату shapefile (.shp).

Први део прорачуна ове функционалне целине се обавља у QGIS софтверу који, на основу унетог ДМТ-а, применом алатке D8FlowAccumulation, из групе алата фирме Whitebox Geospatial [176], одређује правце отицаја са површине терена. Растерски податак са правцима отицаја се користи као улазни податак за примену алата Strahler Order [177], који за задату граничну вредност (енг. threshold) ранга праваца површинског отицаја одређује положаје површинских

токова и чува их у растерском или векторском формату. Применом модула Upslope Area [178] се за локацију анализираниог путног пропуста одређује површина узводног слива, која се може чувати као векторски или растерски податак.

Други део прорачуна прве функционалне целине се обавља у софтверу Global Mapper [179] који у себи садржи софтверску алатку под називом Volume between surfaces. Наведеном алатком се одређује запремина привремено акумулиране воде са узводне стране саобраћајнице  $V_{taw}$  на основу ДМТ, положаја осовине пута и површи са висинском котом  $Z_{max}$ . Податак о вредности привремено акумулиране запремине за сваки путни пропуст се чува у табеларну базу података за даље прорачуне.

Друга функционална целина је хидролошки модел, и она захтева примену софтвера за потребе: просторне интерполације падавина, моделовања хидрограма отицаја са бујичног слива и одређивања регресионе зависности између вредности пикова хидрограма и вероватноће појаве. Слика 4-19 даје шематски приказ функционалних зависности у оквиру ове целине, док су у Табели 4-5 наведени софтвери и софтверски алати за примену метода у оквиру хидролошког модела.



Слика 4-19: Шематски приказ функционалних зависности у оквиру целине: Хидролошки модел

Табела 4-5: Софтвери и софтверски алати коришћени за прорачуне у оквиру целине: Хидролошки модел

Моделирани процес:	Метода:	Софтвер:	Софтверски алат:
Интерполација падавина	IDW	QGIS [175]	IDW interpolation
Ефективне падавине	SCS-CN	WMS [180]	SCS-CN
Меродавно трајање кише	Итеративни поступак		HEC
Хидрограми отицаја	SCS син. јед. хидрограм		HEC
Регресиона зависност	Регресиона анализа	MatLAB [181]	Curve Fitting Toolbox [182]

Први корак примене хидролошког модела захтева податке о падавинама у облику ИТП кривих са мерних станица у околини експерименталне деонице пута. Интерполација вредности интензитета падавина за локацију тежишта сваког слива са путним пропустом као излазним профилем извршена је применом софтверског алата IDW interpolation који је имплементиран у оквиру QGIS-а [175] и који обавља прорачун просторне интерполације методом IDW. Применом овог алата формиране су ИТП криве за сваку од 67 локација путних пропуста, које су табеларно приказане у Прилогу 5.

На основу ИТП кривих за одређени слив и улазних података о врсти земљишта и намени површина, софтвер под називом Watershead Modeling System (WMS) [180] компаније Aquaveo LLC врши аутоматско одређивање хидролошке групе земљишта, као и вредност криве CN за читаву површину слива применом модула SCS-CN. Овај податак се чува у табеларној бази за даље прорачуне.

Применом модула под називом HEC у оквиру софтвера WMS врши се одређивање хидрограма отицаја са слива за задату рачунску кишу константног интензитета, одређеног трајања и вероватноће појаве, очитане са ИТП кривих. Код малих бујичних сливова без сталног тока воде током године јавља се специфичан проблем одређивања меродавног трајања рачунске кише. Наведени проблем се решава применом итеративног поступка у оквиру софтвера WMS, према коме се за један слив више пута покрене HEC модул, за различита трајања рачунских киша, за исту вероватноћу појаве рачунских киша (нпр. 20%). Трајање рачунске кише које даје максималну вредност пика хидрограма отицаја са слива представља меродавно трајање рачунске кише. Обзиром да модул HEC у оквиру WMS-а има могућност узастопног прорачуна за више вредности рачунских киша, овај податак се релативно брзо одређује за сваки од 67 анализираних сливова и уноси у табеларну базу за наредне прорачуне.

На основу одређене вредности CN, ИТП кривих за одређену локацију пропуста и меродавног трајања рачунске кише, модул НЕС у оквиру софтвера WMS врши узастопни прорачун хидрограма отицаја са слива за све рачунске кише меродавног трајања и различитих вероватноћа појаве. Резултати прорачуна хидрограма отицаја се могу извести у табеларни облик из кога се могу формирати парови вредности: вероватноћа појаве – вредност максималног протицаја хидрограма отицаја са слива, т.ј. парови  $P - Q$ . У оквиру програмског језика MatLAB [181] се налази софтверска алатка под називом Curve Fitting Toolbox [182] која одређује коефицијенте задате регресионе функције на основу унетих низова података  $P$  и  $Q$ . Подаци о коефицијентима регресионе анализе за сваки од 67 путних пропуста се чувају у табеларној бази за даље прорачуне. Резултат примене свих метода у оквиру хидролошког модела јесу одређене вредности регресионих коефицијената  $A$  и  $B$ , који се табеларно чувају за потребе прорачуна вероватноће појаве за сваки од 67 бујичних сливова са путним пропустима као излазним профилима слива.

Хидраулички модел представља трећу функционалну целину у оквиру друге фазе хидролошко-хидрауличког модела, на коме се базира модел процене ризика. На Слици 4-20 је дат шематски приказ функционалних зависности у оквиру треће функционалне целине под називом: Хидраулички модел, док су у Табели 4-6 наведени софтвери и софтверски алати за примену метода у оквиру ове целине.



Слика 4-20: Шематски приказ функционалних зависности у оквиру целине: Хидраулички модел

Табела 4-6: Софтвери и софтверски алати коришћени за прорачуне у оквиру целине: Хидраулички модел

Моделирани процес:	Метода:	Софтвер:	Софтверски алат:
Параметри анализаног стања путног пропуста	/	HY-8 [183]	Ручни унос података о физичким параметрима
	Yen-a		Унос осредњене вредности Manning-овог коефицијента
Хидраулички прорачун протицајног капацитета	HY-8		/
Трансформација хидрограма отицаја	Трансформација хидрограма	Microsoft Excel [184]	VBA скрипта

За примену хидрауличког модела прорачуна течења кроз путни пропуст веома је битно унети адекватне податке о анализаном стању путног пропуста. У оквиру прве итерације прорачуна анализира се постојеће, или експлоатационо, стање путног пропуста, док се у неким каснијим итерацијама може анализирати санирано или реконструисано стање пропуста. Разлика између могућих стања путног пропуста је извршена применом бројача сценарија  $s$ , као што је објашњено у поглављу 4.2.

За експлоатационо стање пропуста физички параметри пропуста се уносе у софтвер HY-8 [183] на основу геодетских мерења на терену и увидом у стварно стање путних пропуста. Поред физичких параметара путног пропуста, веома битан коефицијент за прорачун течења је Manning-ов коефицијент трења који се осредњава према методи Yen-a, као што је описано у поглављу 3.3. Хидраулички прорачун течења кроз путни пропуст извршен је применом софтвера HY-8, који је назван по методи према којој врши прорачун, а као резултат даје криву протицаја путног пропуста до максималне висинске коте  $Z_{max}$  која одговара завршном слоју коловозне конструкције у профилу путног пропуста [185]. Са криве пропуста се читава вредност максималног протицаја путног пропуста  $Q_{max}^{izl}$  који се јавља пре почетка појаве преливања воде преко саобраћајнице.

Модел трансформације хидрограма отицаја, који као резултат одређује коефицијент трансформације пика хидрограма отицаја са слива, одређен је према формули (3-66), која је ради лакше употребе програмирана у виду VBA скрипте за прорачун у оквиру Microsoft Excel [184] софтвера за рад са подацима у табеларном приказу.

Прорачуни потребни за одређивање сигурносних критеријума и прорачун вероватноће појаве преливања у оквиру хидролошко-хидрауличког модела

анализиране појаве извршени су у оквиру софтвера Microsoft Excel [184]. Резултати примене хидролошко-хидрауличног модела анализиране појаве у оквиру модела процене ризика, за сваки од 67 анализираних путних пропуста, су сачувани у виду табеларно структуриране базе података у софтверу Microsoft Excel.

Обзиром да су резултати примене хидролошко-хидрауличног модела, који представља основу модела процене ризика, сачувани у формату дигиталне табеле, прорачуни потребни за примену модела процене ризика од анализиране појаве су спроведени у оквиру софтвера за рад са табеларним подацима, Microsoft Excel [184].

Правно-регулаторни подаци имају исте вредности за све путне пропусте на експерименталној деоници пута. Као што је у поглављу 2.4 наведено, према правном систему Републике Србије из важећих подзаконских аката и техничких правилника одређени су правно регулаторни подаци: технички критеријум разграничења путних пропуста дефинише пропусте као објекте распона мањег од 5 m, примарни технички критеријум за дефинисање пропусне моћи путног пропуста дефинисан је повратним периодом велике воде  $T_p = 50$  год. и експлоатациони век објекта износи  $n = 30$  год.

За хидролошко-хидрауличног модела одређени су сигурносни критеријуми: Критеријум сигурности са аспекта вероватноће појаве преливања,  $T_p^{КСВП} = 50$  год., и Критеријума примарне намене из једначине (4-1),  $KХПП = 1\%$ . У оквиру модела процене ризика одређене су граничне вредности ризика: Праг значајности ризика, једначина (4-13),  $PZ = 0,2603$ , и Граница прихватљивости ризика, једначина (4-14),  $PG = 0,4545$ .

Евиденција резултата примене модела процене ризика појаве преливања воде преко саобраћајнице је такође сачувана у облику табеларно структуриране базе података, која је дата у оквиру прилога овог рада, Прилог 13, на основу које се врши генерисање Извештаја о процени ризика за сваку појединачну локацију анализираних путних пропуста на експерименталној деоници пута.

У оквиру овог поглавља извршене је приказ примене модела процене ризика од појаве преливања воде преко саобраћајнице у профилу путног пропуста на бујичном сливу кроз опис коришћених софтверских алата.

ПОГЛАВЉЕ

**5.**

# Резултати и дискусија

---



У оквиру овог истраживања проблем одређивања ризика од појаве преливања воде преко саобраћајнице у профлу путног пропуста на бујичном сливу решен је формирањем новог модела процене ризика који се базира на хидролошко-хидрауличком моделу анализирани појаве, чији је детаљан опис дат у поглављу 4. Новоформиран модел процене ризика од анализирани појаве је примењен на примеру 67 бетонских путних пропуста на експерименталној деоници пута, Рашка - Нови Пазар, у Републици Србији. Приказ примене модела процене ризика је извршен на основу детаљних описа коришћених података и коришћених софтвера, приказаних у поглављима 2 и 4.4. Фокус овог поглавља је на приказу резултата примене модела процене ризика од анализирани појаве, а приказани резултати биће дискутовани поређењем са резултатима других истраживања, на основу чега су формиран закључци спроведеног истраживања.

Формирани модел процене ризика од појаве преливања воде преко саобраћајнице у профилу путног пропуста на бујичном сливу је конципиран тако да као коначни излаз модела формира Извештај о процени ризика, Слика 5-1. Наведени Извештај о процени ризика се формира за сваки анализирани путни пропуст појединачно. Овакава концепција примене модела процене ризика омогућава његово коришћење у ситуацијама када је за неки путни пропуст евидентирана појава преливања воде и желе се одредити адекватне мере за смањење ризика, односно за спречавање појаве преливања воде преко саобраћајнице.

Извештај о процени ризика, као крајњи излаз модела процене ризика, омогућава инжењеру, или руководиоцу који одлучује, упоредни приказ ефеката примене различитих мера на смањењу ризика. Из наведеног разлога, Извештај о процени ризика приказује само коначне резултате процене ризика који су систематично подељени у сценарије. Сценарио  $S=1$  приказује резултат процене ризика за постојеће, или експлоатационо, стање путног пропуста, који је квантификован вредношћу ризика  $R(1)$ . Примена грађевинских радова на санацији путног пропуста, под којима се подразумевају радови на чишћењу акумулираног наноса, санацији оштећених бетонских површина и уклањању вегетације са улазног и излазног дела пропуста, анализирани је у оквиру сценарија  $S=2$  и валоризована вредношћу ризика  $R(2)$  за пропуст чија процењена вредност ризика  $R(1)$  спада у категорију високог ризика.

За пропуст чија вредност ризика  $R(2)$  спада у категорију високог ризика потребно је, поред мера на санацији пропуста, применити и радове на реконструкцији путног пропуста. Примена радова на реконструкцији путног пропуста, од којих су у оквиру овог истраживања анализирани: хидраулично обликовање улазне

грађевине, уређење узводног и низводног корита и изградња новог пропуста, анализирана је у оквиру Извештаја кроз сценарија  $S > 2$ .

### **ИЗВЕШТАЈ О ПРОЦЕНИ РИЗИКА**

од појаве преливања воде преко саобраћајнице у профилу путног пропуста на бујичном водотоку

#### **ПОДАЦИ О ПУТНОМ ПРОПУСТУ:**

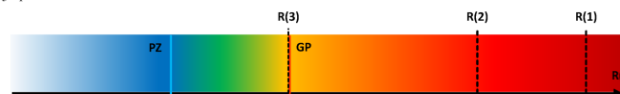
Путна деоница:	Рашка - Нови Пазар
Категорија саобраћајнице:	Државни пут 2. реда
Стационажа објекта:	247+524,23 Пропуст бр. : 41

#### **СЦЕНАРИО S=1 ...[Постојеће стање пропуста] :**

Применом модела процене ризика за анализирани путни пропуст одређене су:

- Граничне вредности:	1. Праг значајности:	<b>PZ</b> =	<b>0,2603</b>
	2. Граница прихватљивости:	<b>GP</b> =	<b>0,4545</b>
- Вредност ризика анализирани појаве:		<b>R(1)</b> =	<b>0,9404</b>

Класификација ризика:



На основу дијаграма одређено је да постојеће стање анализираних пропуста поседује **Висок** (занемарљив/прихватљив/висок) ниво ризика.

#### **СЦЕНАРИО S=2 ...[Санитарно стање пропуста] :**

Прва мера смањења ризика јесте примена радова на санацији путног пропуста:

**MSR(2):** уклањање вегетације на улазу и излазу, чишћење акумулираног каменог седимента и санација оштећених бетонских површина.

Поновном применом модела процене ризика, за санитарно стање путног пропуста, одређена је вредност ризика **R(2)** = **0,7622**, која према дијаграму одређује

**Висок** (занемарљив/прихватљив/висок) ниво ризика услед примене радова на санацији пропуста.

#### **СЦЕНАРИО S=3 ...[Реконструисано стање пропуста]:**

Друга мера смањења ризика јесте примена радова на реконструкцији путног пропуста:

**MSR(3):** хидрауличко обликовање улаза  
уређење водотока

Поновном применом модела процене ризика, за реконструисано стање пропуста, одређена је вредност ризика **R(3)** = **0,4527**, која према дијаграму одређује

**Прихватљив** (занемарљив/прихватљив/висок) ниво ризика услед примене радова на реконструкцији пропуста.

**Слика 5-1: Извештај о процени ризика за путни пропуст бр. 41 на експерименталној деоници пута**

Извештаји о процени ризика за сваки од 67 анализираних путних пропуста на експерименталној деоници пута приказани су у оквиру Прилога 14. Појединачни приказ резултата процене ризика за неки путни пропуст даје приказ вредности ризика од анализирани појаве за постојеће стање пропуста и процењене вредности ризика услед примене неке од мера за смањење ризика, Слика 5-1. На основу таквих резултата може се донети одлука о примени одређених мера за смањивање вредности ризика од анализирани појаве за појединачни пропуст. У случајевима потребе за избором најоптималнијег решења за смањивање ризика од појаве преливања воде преко саобраћајнице, основу за техно-економску анализу представља Извештај о процени ризика који је потребно проширити проценом вредности предвиђених грађевинских радова. Иако у оквиру овог истраживања наведена примена модела процене ризика није

анализирана, она може представљати један од праваца даљег развоја овде приказаног модела.

Практични проблеми веома ретко захтевају процену ризика од анализиране појаве за један путни пропуст, већ се анализе најчешће врше за одређену путну деоницу. Наведена подела на деонице је веома честа код линијских инфраструктурних објеката, и полази од претпоставке да свака деоница објекта представља једну функционалну целину. На основу наведене претпоставке се закључује да отказ било ког од путних пропуста може довести до функционалног отказа читаве деонице пута.

Према наведеном аскету анализе, потребно је извршити вишеструку примену модела процене ризика од појаве преливања воде преко саобраћајнице за све путне пропусте који се налазе на бујичним сливовима на одређеној деоници пута. Поред вишеструке примене модела процене ризика, наведени аспект подразумева и анализу сумарних резултата примене модела за одређену деоницу пута.

Анализа сумарних резултата омогућава идентификацију пропуста са највећим ризиком од анализиране појаве и рангирање пропуста према приоритетности примене мера за смањење ризика. Једна од значајнијих примена новог модела процене ризика се огледа у формирању планова одржавања, санације и реконструкције путних пропуста на одређеној деоници пута. Обзиром да одређене мере за смањење ризика, као што су изградња новог пропуста, значајно утичу на функционисање саобраћаја, анализом сумарних резултата могуће је формирати план примене мера за смањење ризика од анализиране појаве са што мањим утицајем на функционисање саобраћаја на анализираној деоници пута.

Сумарни резултати примене модела процене ризика за експерименталну деоницу пута могу се анализирати на више начина, у зависности од врсте приказа сумарних резултатат, и на више нивоа, у зависности од фазе прорачуна. У оквиру овог поглавља ће бити приказани сумарни резултати примене модела процене ризика од појаве преливања воде преко саобраћајнице за све нивое, односно за све фазе, прорачуна и то на више начина, кроз различите врсте графичких приказа.

Због великог броја података, у оквиру Прилога 13 је дата табела са свим потребним подацима за примену модела процене ризика, као и резултати свих међу прорачуна наведеног модела. Подржавајући савремене трендове „Отворене науке“ (енг. Open Science), подаци и резултати спроведених прорачуна су јавно доступни у оквиру интернет репозиторијума Zenodo, који се могу преузети са референце број [186].

Сумарни преглед резултата омогућава формирање више врста статистичких анализа за експерименталну деоницу пута. Слика 5-2 приказује процентуалну заступљеност типова бетонских пропуста на експерименталној деоници пута.

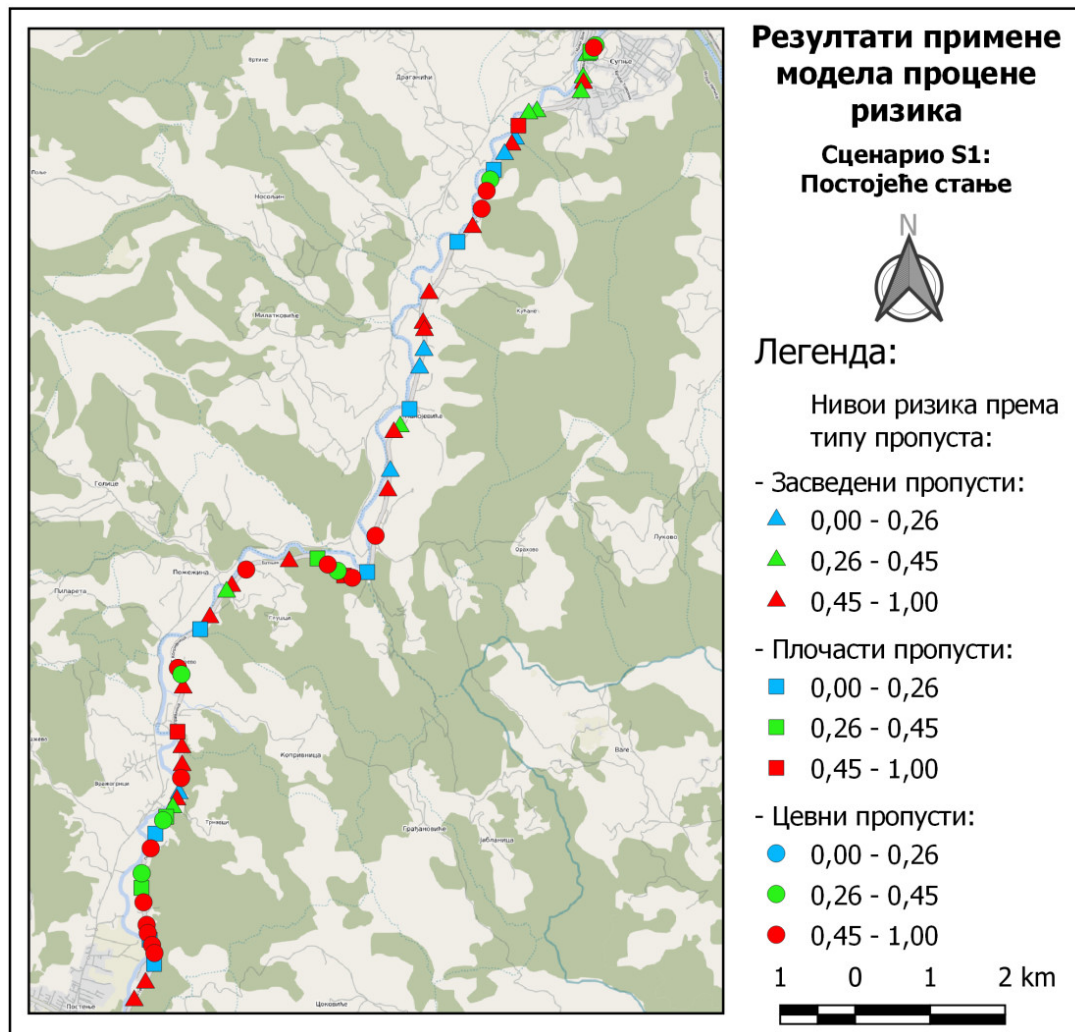


Слика 5-2: Типови бетонских пропуста на експерименталној деоници пута

Процентуална заступљеност засведених бетонских пропуста од 46% на експерименталној деоници се може тумачити чињеницом да облик засведених путних пропуста омогућава оптималну расподелу напона од саобраћајног оптерећења, што потврђује и истраживање које су спровели Sezen и остали [187]. Геометрија засведеног пропуста омогућава да такви пропуси, за разлику од цевних пропуста, имају и функцију проласка људи, возила и дивљих животиња [22]. Обзиром да се траса експерименталне деонице пута највећим делом води високим насипом поред реке Рашке, изградња путних пропуста који би уједно омогућили и приступ људи и возила до плодних њива уз реку је највероватније био један од значајних критеријума приликом пројектовања анализираних пропуста.

Примена модела процене ризика за све путне пропусе на одређеној деоници пута има више значајних међурезултата који могу бити веома значајни за различите врсте анализа. Сумарни преглед међурезултата примене модела процене ризика од појаве преливања воде преко саобраћајнице за постојеће стање путних пропуста, сценарио  $S=1$  из Извештаја о процени ризика, омогућава анализу постојећег стања путних на експерименталној деоници пута.

Спровођење анализе постојећег стања путних пропуста на експерименталној деоници пута, на нивоу сценарија  $S=1$ , захтева приказ међурезултата прорачуна на више начина. Слика 5-3 даје картографски приказ нивоа ризика постојећег стања путних пропуста према типу пропуста на експерименталној деоници пута.

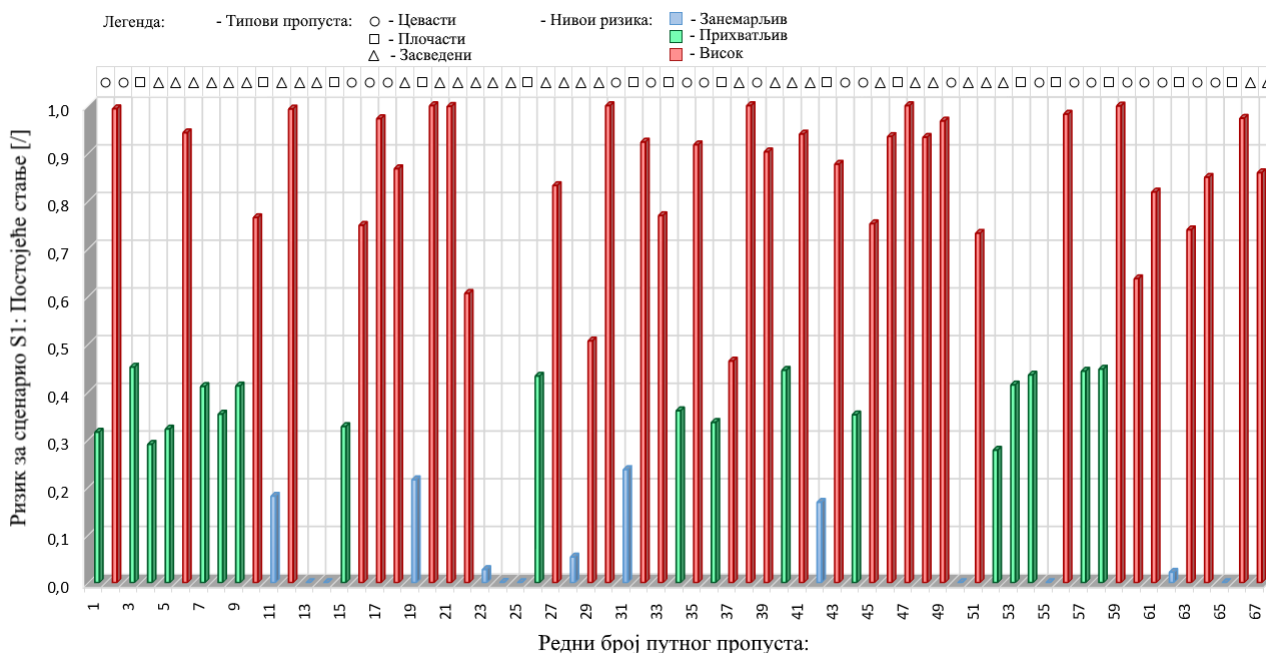


Слика 5-3: Нивои ризика за постојеће стање путних пропуста

Са карографског приказа нивоа ризика за постојеће стање путних пропуста, Слика 5-3, уочава се да почетни део експерименталне деонице, ближе Рашкој, има мањи број путних пропуста са високом вредношћу ризика, за разлику од крајње деонице, ближе Новом Пазару, где се уочава концентрација већег броја углавном цевних пропуста са високим нивоом ризика од анализиране појаве. Такође се на средњем делу анализиране деонице уочава неколико пропуста са занемалјиво малом вредношћу ризика, што се доводи у везу са димензионисањем пропуста за пролазак људи и возила испод саобраћајнице која се у том делу води високим насипом.

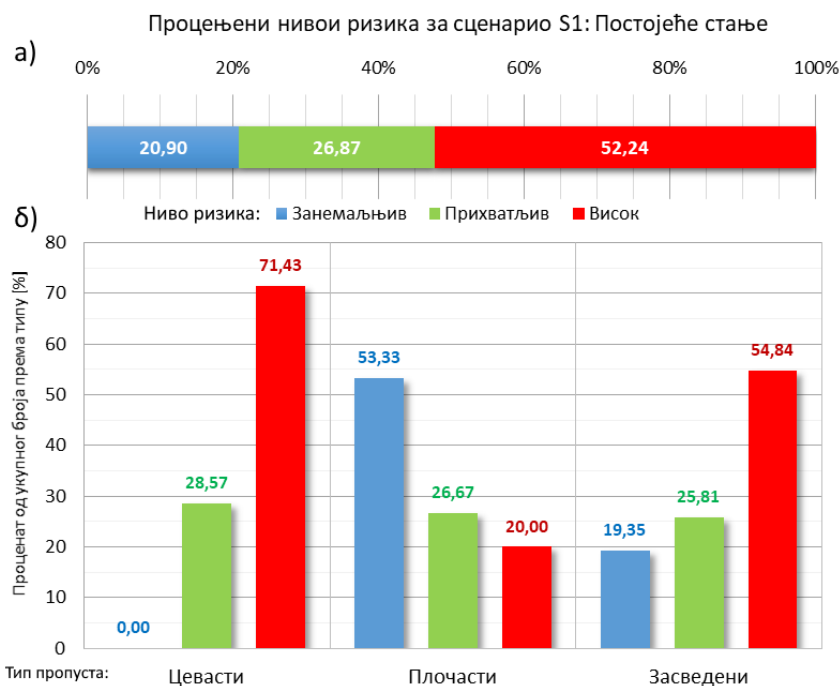
Иако је картографски приказ резултата просторно расподељених података веома чест у овој научној области, као што је извршено у истраживању које су спровели Truhlar и други [37], што је и приказано на Слици 1-11 у оквиру овог истраживања, на основу картографских приказа се могу извући само генерални закључци.

Проблем међусобно блиских локација путних пропуста дуж експерименталне деонице пута, услед чега се јавља међусобно преклапање ознака, превазилази се упоредним приказом одређених вредности нивоа ризика од појаве преливања воде преко саобраћајнице за постојеће стање путних пропуста на графикону који приказује све анализираних пропусте према њиховом редном броју.



Графикон 5-1: Упоредни приказ вредности ризика за постојеће стање путних пропуста

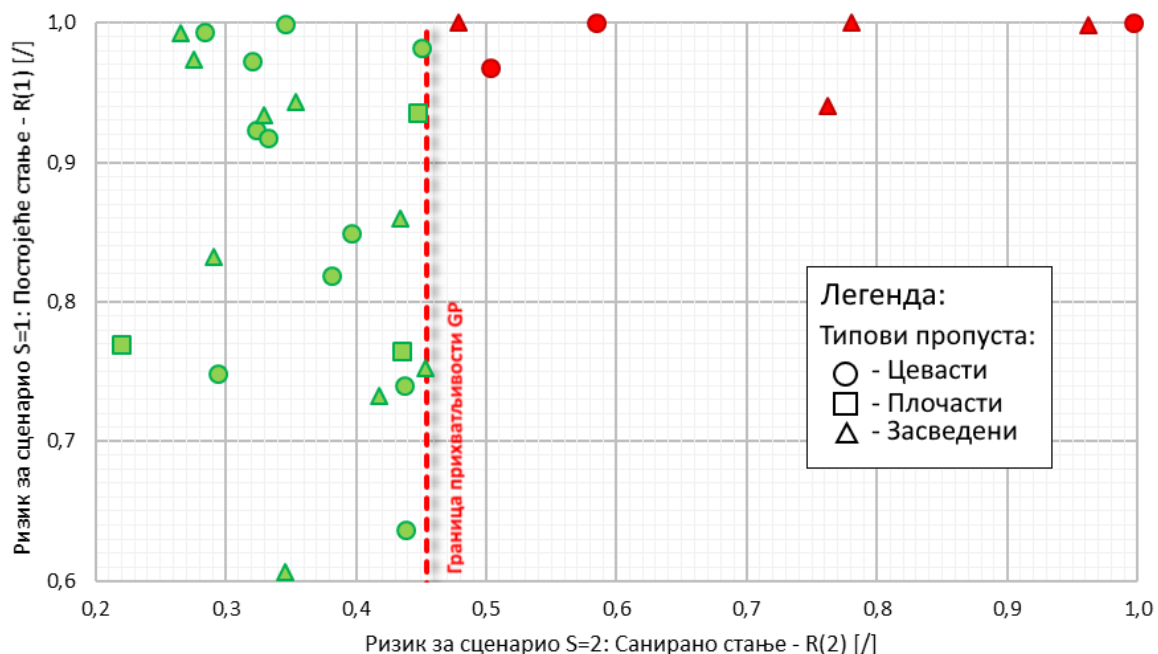
Графички приказ резултата процене ризика за постојеће стање путних пропуста, Графикон 5-1, даје значајно прегледнији приказ на коме су нивои ризика обележени колорном скалом. Са дијаграма се уочава да значајан проценат путних пропуста у постојећем стању има високу вредност ризика. Приказани графикон омогућава формирање статистика за постојеће стање путних пропуста. На Графикону 5-2 су приказане статистике процене ризика за постојеће стање путних пропуста, према нивоима ризика за све пропусте и према типовима пропуста.



**Графикон 5-2: Статистике резултата процене ризика за постојеће стање:**  
 а) нивои ризика за све пропусте и б) према типу пропуста

Графикон 5-2 под а) приказује веома неповољну статистику да 52,24% анализираних пропуста има висок ниво ризика од појаве преливања воде преко саобраћајнице. Иако приказана статистика није повољна, са Графикана 5-1 се може уочити да „само“ 17 путних пропуста (25,37%) има процењену вредност ризика изнад 0,9, што показује да је четвртина анализираних пропуста у критичном стању. Наведени резултати упућују на изостанак радова на одржавању путних пропуста на анализираној деоници пута. Слични закључци о повезаности високог нивоа ризика од отказа пропуста са нередовним одржавањем путних пропуста могу се наћи и у другим истраживањима [25,49,52]. Преглед статистика према типу пропуста, Графикон 5-2 под б), показује да највећи проценат цевастих пропуста има високу вредност ризика од појаве преливања воде. Са друге стране, 80% плочастих пропуста у постојећем стању имају вредности ризика мање од вредности границе прихватљивости (GP). Наведена статистика се може анализирати кроз чињеницу да су плочасти пропуси најчешће димензионисани са друге примерне намене, као што су пролазак људи и возила. У прилог претходно изнетом закључку иде и приказана статистика од 53,33% плочастих пропуста који у постојећем стању имају занемарљиво малу вредност ризика, што се у неким истраживањима доводи у директну везу са пропустима димензионисаним за друге примарне намене [4]. Занимљиво је уочити да статистика расподеле нивоа ризика за засведене пропусте прати статистику за читаву деоницу са Графикана 5-2 под а).

Утицај изостанка редовног одржавања путних пропуста на експерименталној деоници пута може се анализирати на основу међурезултата прорачуна за сценарио  $S=2$ . У оквиру наведене фазе прорачуна, модел процене ризика анализира примену прве мере смањења ризика, примена радова на санацији путног пропуста, за све пропусте са високом вредношћу процењеног ризика за постојеће стање пропуста. Под радовима на санацији путних пропуста подразумевају се грађевински радови који се примењују у оквиру редовног одржавања путних пропуста, као што су: чишћење акумулираног каменог седимента, санација оштећених бетонских површина и уклањање вегетације са улазних и излазних делова пропуста. Нередовним одржавањем, количине наведених радова су добедене до екстремних вредности, услед чега анализа резултата примене радова на санацији приказује ујдено и значај примене радова на редовном одржавању путних пропуста.



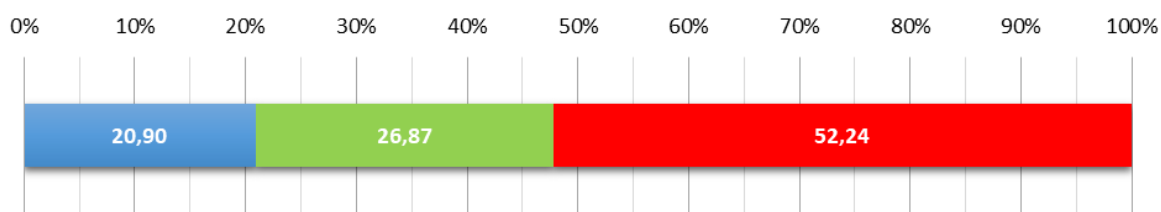
Графикон 5-3: Резултати примене радова на санацији путних пропуста

Приказ ефеката примене радова на санацији путних пропуста, као прве мере за смањење ризика, извршена је поређењем вредности ризика за сценарио  $S=2$ : санирано стање са вредностима ризика за сценарио  $S=1$ : постојеће стање пре примене радова на санацији, Графикон 5-3. Вредност ризика од анализиране појаве која одговара граници прихватљивости (GP) приказана је вертикалном испрекиданом црвеном линијом, чиме је извршена подела на пропусте који после примене радова на санацији имају прихватљив ниво ризика, и пропусте који захтевају примену радова на реконструкцији пропуста.

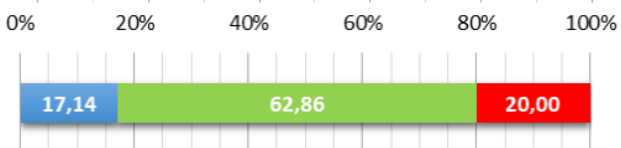


Ефекти примене радова на санацији путних пропуста на експерименталној деоници пута најбоље се могу илустовати упоредним приказом статистика за сценарио S= 1 и сценарио S=2.

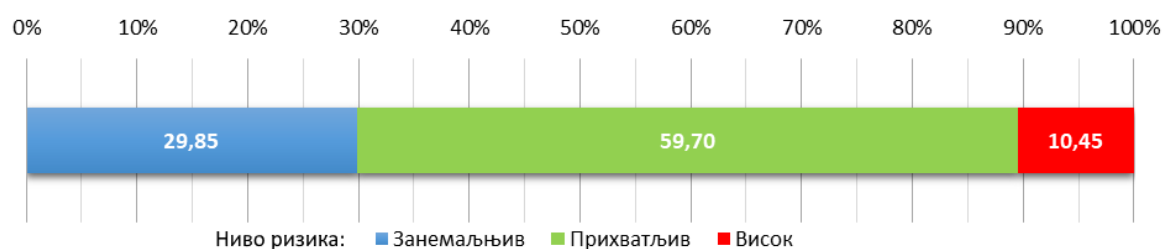
а) Процењени нивои ризика за сценарио S1: Постојеће стање



б) Процењени нивои ризика након примене радова на санацији на пропустима са високим ризиком за S1



ц) Процењени нивои ризика за сценарио S2: Санирано стање



Графикон 5-4: Упоредни приказ сумарних статистика процене ризика: а) сценарио S=1, б) само за пропусте са високим ризиком за S=1 и ц) сценарио S=2

Упоредним приказом сумарних статистика, Графикон 5-4, ефекат примене радова на санацији путних пропуста показује свој утицај на смањење ризика од анализираних појава, а и претходно изнете статистике за постојеће стање путних пропуста се могу објективније тумачити. Као што је претходно приказано, процењени нивои ризика за постојеће стање путних пропуста, Графикон 5-4 под а), приказује негативну статистику од 35 путних пропуста (52,24%) са високим нивоом ризика. Статистика примене грађевинских радова на санацији путних пропуста показује да би навредена мера за смањење ризика била ефикасна на 80% пропуста који у постојећем стању имају висок ниво ризика, Графикон 5-4 под б). Сумарни резултати процене ризика након примене радова на санацији селектованих пропуста за све пропусте експерименталне деонице пута, Графикон 5-4 под ц), показују да би примена радова на санацији довела до повећања броја пропуста са вреднишћу ризика испод границе прихватљивости на чак 89,55%.

На основу претходне статистике се закључује да постојеће стање путних пропуста није толико критично, колико је сумарна статистика приказивала, и да

на на експерименталној деоници постоји 7 пропуста (10,45%) који захтевају примену радова на реконструкцији. Приказане статистике потврђују значај редовног одржавања путних пропуста и упућују на закључак да је највећи број путних пропуста на експерименталној деоници пута адекватно димензионисан, а да је узрок смањених протицајних капацитета и повећаних вредности нивоа ризика изостанак редовног одржавања пропуста.

У оквиру више истраживања [4,40,42,45] акумулирани камени седимент се идентификује као најзначајнији узрочник смањења протицајног капацитета путног пропуста. Провера наведених тврдњи извршена је и у оквиру овог истраживања, на основу међурезултата фазе 2 примене модела процене ризика који су дати у Прилогу 13. Анализа утицаја количине акумулираног каменог наноса на протицајни капацитет путног пропуста захтева дефинисање величина које ће се поредити. У стручној литератури се за квантификовање повећања протицајног капацитета путног пропуста употребљава величина *PFI* (енг. Percentage of Flow Increase) [4]. Наведена величина приказује процентуално повећање протицаја путног пропуста и дата је једначином:

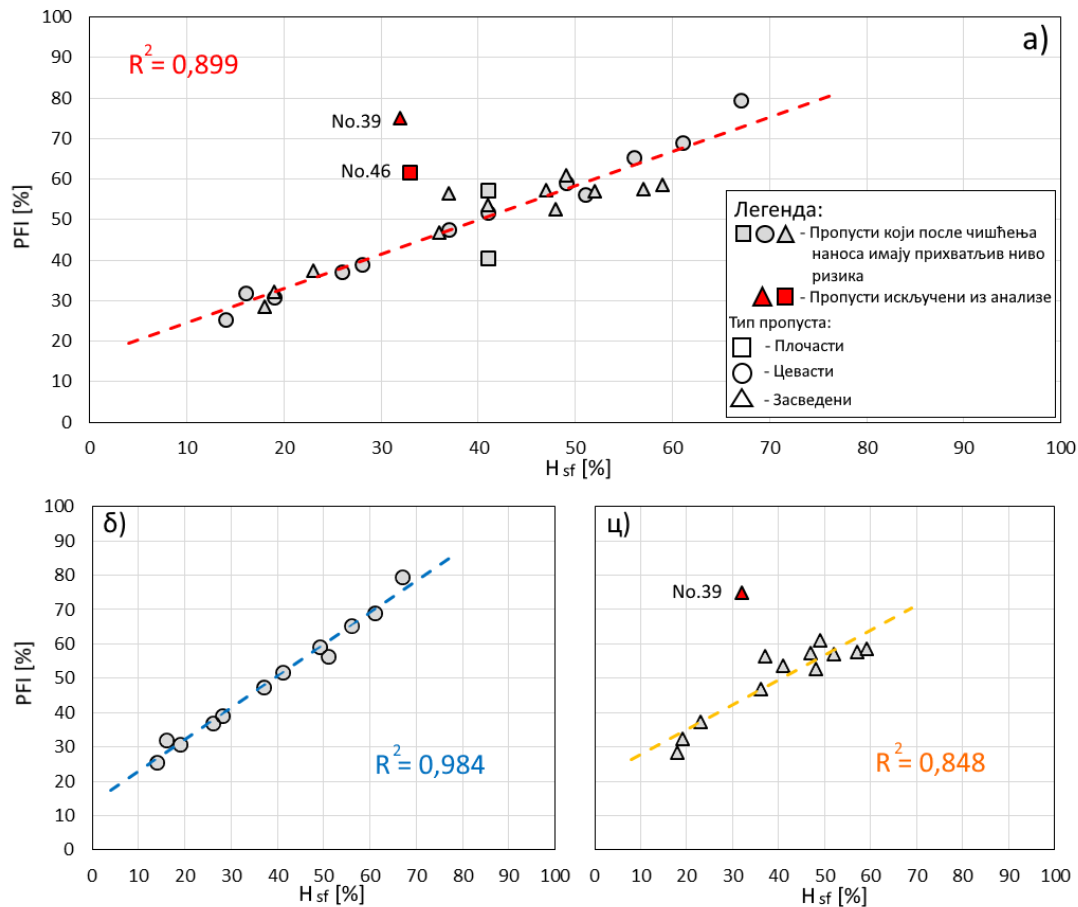
$$PFI = \left( \frac{Q_{max}^{ul S=2} - Q_{max}^{ul S=1}}{Q_{max}^{ul S=2}} \right) * 100 [\%] \quad (5-1)$$

где је:

$Q_{max}^{ul S=1}$  – максимални протицај путног пропуста за постојеће стање, сценарио  $S=1$ , и  $Q_{max}^{ul S=2}$  – максимални протицај путног пропуста након примене радова на санацији путног пропуста, сценарио  $S=2$ .

Величина *PFI* показује за колико ће се процената повећати протицај путног пропуста након примене радова на санацији, односно приказује за колико се смањило протицај путног пропуста услед неодржавања у односу на новоизграђено стање објекта, које је еквивалентно санираном стању. У зависности од аспекта анализираних проблема наведена величина се може дефинисати на један од два приказана начина.

Проблем одређивања величине која квантификује количину акумулираног каменог наноса унутар путног пропуста произилази из чињенице да путни пропусци имају различите типове попречних пресека као и различите нивое запуњености на улазу и излазу пропуста. Поређење нивоа запуњености путних пропуста различитих типова попречног пресека превазиђено је увођењем величине  $H_{sf}$  (енг. Height of Sediment Fill). Једнодимензионална величина  $H_{sf}$  приказује процентуално поређење између дебљине акумулираног наноса  $h_e$  и укупне висине путног пропуста  $h$ , што је приказано на Слици 3-36. Проблем различите запуњености улаза и излаза пропуста усвојен је према положају критичног пресека, који одређује услове течења.



Графикон 5-5: Утицај запуњености наносом  $H_{sf}$  на протицајни капацитет  $PFI$  путних пропуста: а) свих санираних пропуста, б) цевастих санираних пропуста и ц) засведених санираних пропуста [4]

Резултати спроведене анализе утицаја нивоа запуњености путних пропуста каменим наносом на протицајни капацитет путног пропуста приказани су на Графикону 5-5. Анализа зависности наведених величина за све путне пропусте на којима су примењени радови на санацији на експерименталној деоници пута приказана је на Графикону 5-5 под а). На основу графичког приказа одређена је корелациона зависност:

$$PFI = 0,846 H_{sf} + 16,001 \quad (5-2)$$

Успостављена зависност има високу вредност коефицијента корелације  $R^2 = 0,899$ . Са графикона се види да су два путна пропуста искључена из анализе, пропуст број 39 и 46, код којих је бујна вегетација на улазу и излазу пропуста идентификована као главни узрочник смањења протицајног капацитета.

Графикон 5-5 под б) и ц) приказују утицај запуњености наносом на протицајни капацитет цевастих и засведених пропуста, респективно. Приказане анализе

упућују на закључак да облик попречног пресека пропуста утиче на хидрауличке карактеристике тећења и у стању када је пропуст у већој или мањој мери запуњен каменим наносом. На основу спроведене анализе одређене су и корелационе зависности за цевасте и засведене пропусте, приказане једначинама (5-3) и (5-4), респективно.

$$PFI = 0,926 H_{sf} + 13,542 \quad (5-3)$$

$$PFI = 0,722 H_{sf} + 20,714 \quad (5-4)$$

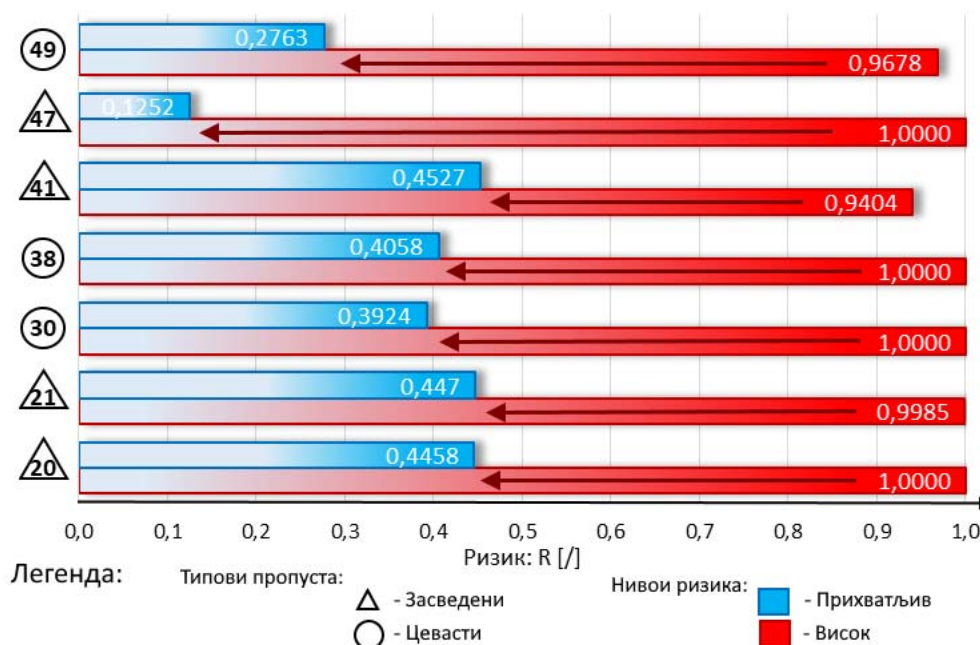
Обе зависности имају високе вредности коефицијента корелације који за цевасте пропусте износи  $R^2 = 0,984$ , док његова вредност за засведене пропусте износи  $R^2 = 0,848$ . Једна од мера поређења утицаја запуњености између различитих типова попречног пресека путног пропуста је и коефицијент нагиба корелационе праве, односно коефицијент који се налази уз променљиву  $H_{sf}$ . Према наведеном критеријуму, што је вредност коефицијента нагиба корелационе праве већа то је већи утицај величине са X-осе на вредности на Y-оси. Из једначина (5-3) и (5-4) може се закључити да су цевасте пропусте под већим утицајем запуњености у односу на засведене пропусте, што се може довести у везу са геомеријским карактеристикама попречног пресека.

У оквиру спроведене анализе није извршено формирање корелационе зависности између запуњености пропуста наносном и протицајног капацитета за плочасте пропусте из разлога непостојања довољног броја података. Са Графикона 5-5 под а) се види да су радови на санацији пропуста примењени на свега три плочаста пропуста, од чега је један искључен из анализе.

Формиране корелационе зависности показују којим интензитетом се смањује протицајни капацитет путних пропуста услед акумулације каменог наноса, што повезано са неким од модела продукције и транспорта наноса на узводном сливу може резултовати моделом на основу кога се може одредити временски интервал за чишћење акумулираног каменог наноса из путних пропуста. Наведени закључак представља један од могућих праваца даљих истраживања и развоја овде приказаног хидролошко-хидрауличког модела.

На Графикону 5-3 евидентирано је 7 путних пропуста код којих примена радова на санацији не даје очекиване резултате у погледу смањења ризика од појаве преливања воде преко саобраћајнице до вредности границе прихватљивости. Модел процене ризика од анализираних појава у тим случајевима предвиђа као меру за смањење ризика примену једне или више врста грађевинских радова на реконструкцији путног пропуста, наравно у комбинацији са радовима предвиђеним у оквиру групе радова на санацији путног пропуста. Радови на реконструкцији путног пропуста могу обухватати веома велики спектар различитих радова. Обзиром да поређење ефеката различитих врста радова на реконструкцији путног пропуста није циљ овог истраживања, за потребе приказа

функционисања модела процене ризика анализирани су ефекти три врсте радова на санацији: хидрауличког обликовања улазног дела пропуста, уређење корита узводно и низводно од пропуста и изградња новог пропуста поред постојећег.



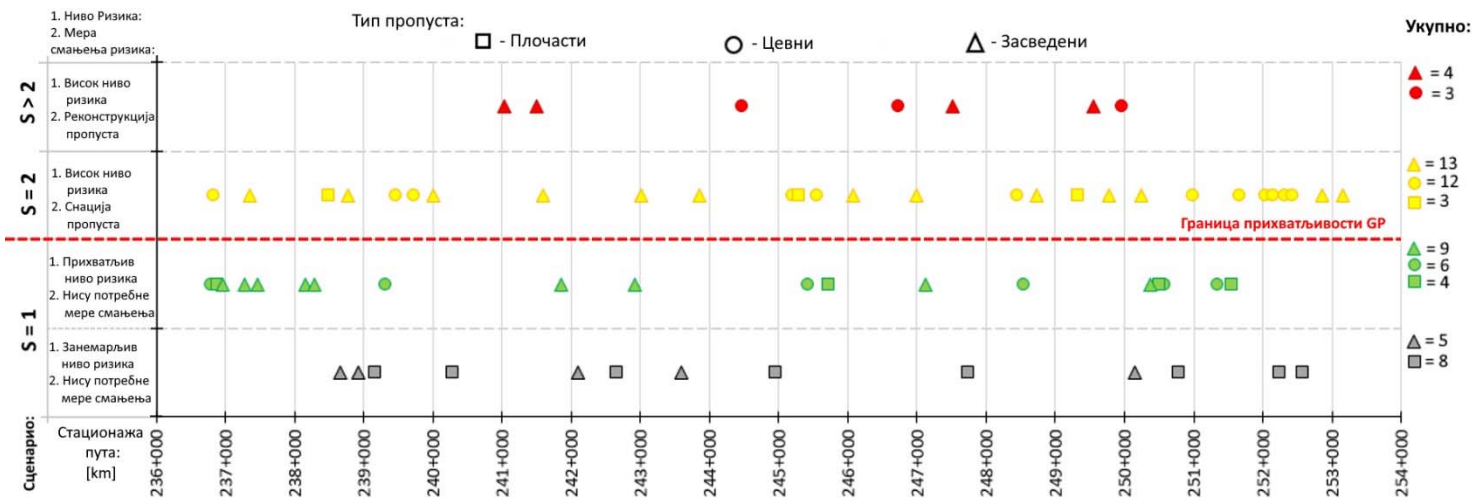
Графикон 5-6: Ефекти примене радова на реконструкцији седам путних пропуста

Графикон 5-6 приказује промену вредности ризика од анализиране појаве након примене радова на реконструкцији седам путних пропуста на експерименталној деоници пута. Ефекти примене радова на реконструкцији су приказани за сваки од седам путних пропуста чији су редни бројеви уписани унутар ознаке за тип пропуста. Црвене колоне на Графикону 5-6 приказују вредности ризика пре примене радова на реконструкцији, за постојеће стање пропуста, док плаве колоне приказују вредности ризика после примене радова на реконструкцији.

Специфичност радова на реконструкцији се огледа у томе да они подразумевају примену радова на санацији и додатних радова којима се мења оригинални пројекат путног пропуста. За постизање ефекта смањења вредности ризика од анализиране појаве испод вредности границе прихватљивости често је потребна комбинација више радова из групе радова на реконструкцији. У оквиру анализираних седам пропуста на експерименталној деоници пута, пропусти број: 38, 47 и 49 су захтевали само хидрауличко обликовање улазног дела пропуста чиме се, уз примену радова на санацији, постогло тражено повећање протицајног капацитета путног пропуста које је резултирало смањењем ризика. Пропусти број: 20, 21 и 41 су поред хидрауличког обликовања улаза захтевали и уређење узводног и низводног дела корита, чиме је обезбеђено повећање протицајног

капацитета корита, што је предуслов за повећање протицајног капацитета самог пропуста. Смањење ризика од анализиране појаве преливања воде преко саобраћајнице за пропуст број 30 може се постићи једино изградњом новог путног пропуста непосредно уз постојећи, за који је потребно извршити обликовање улаза и уређење корита уводно и низводно.

За практичне потребе планирања радова на санацији и реконструкцији путних пропуста на некој деоници пута појединачни Извештаји о процени ризика за сваки анализирани пропуст де представљају подлогу на основу које би се могле доносити извршне одлуке, нити помоћу које би се претило напредовање реализације зацртаног плана. Још један задатак у оквиру овог истраживања био је усмерен у правцу осмишљавања дијаграма који би на технички разумљив начин приказивао крајње резултате примене модела процене ризика од појаве преливања воде преко саобраћајнице и који би представљао адекватну подлогу за израду планова примене потребних радова, као и за праћење реализације формираних планова. У циљу остварења наведеног задатка формиран је следећи графикон.



Графикон 5-7: Сумарни приказ коначних резултата примене модела процене ризика за експерименталну деоницу пута

Основа графичког приказа сумарних резултата примене модела процене ризика, Графикон 5-7, јесте приказ нивоа ризика и мера потребних за смањење ризика, на Y-оси, наспрам просторног положаја путних пропуста који се приказује у односу на стационаже анализиране путне деонице. Стационажа пута представља растојање од почетне тачке пута мерено по осовини пута и карактеристично је за обележавање положаја објеката или дефинисање деоница

линијских инфраструктурних објеката. Оваквим приказом Графикон 5-7 пружа јасну слику о пложају путних пропуста техничким лицима саобраћајне или грађевинске струке.

Приказ нивоа ризика и потребних мера за смањење ризика извршен је према дефинисаним сценаријима у оквиру Извештаја о процени ризика, чиме је извршено усаглашавање графичког приказа сумарних резултата са резултатима појединаних прорачуна за сваки путнио пропуст. Граница прихватљивости је на Графикону 5-7 приказана црвеном испрекиданом линијом која врши разграничење између проуста који не захтевају примену мера за смањење ризика и пропуста који их захтевају.

Са крајње десне стране Графикаона 5-7 приказани су сумарни резултати према нивоима ризика, односно потребним мерама за смањење ризика, за сваки тип пропуста појединачно. На основу сумарних вредности могу се формирати статистике о нивоима ризика за сваки тип пропуста, као и о потребним радовима на анализираној деоници пута.

Практична примена графичког приказа са Графикаона 5-7 се огледа у чињеници да наведени графикон представља систематичну плдлогу за израду планова примене радова на санацији и реконструкцији путних пропуста на експерименталној деоници пута. Узимајући у обзир да неке врсте радова на реконструкцији путних пропуста захтевају делимично или попуно обустављање саобраћаја у подређеним временским периодима, планови примене радова на реконструкцији путних пропуста могу се, на основу датог графичког приказа, формирати тако имају минимални утицај на одвијање саобраћаја.

Наведени приказ може имати примену и у оквиру израде планова одбране од поплава, на основу кога се могу идентификовати путни пропусти са највећим ризиком од појаве преливања воде преко саобраћајнице. Укључивање оваквих података у планове одбране од поплава може имати двојако дејство. Први аспект примене резултата процене ризика од појаве преливања воде преко саобраћајнице се огледа у могућности правовременог планирања алтернативних путних праваца за потребе хитних служби у случајевима појаве опасности од поплава. Други аспект примене резултата се огледа у примени мера за регулисање саобраћаја, на одређеним локацијама или дуж читаве путне деонице, у случајевима појаве екстремних падавима. Наиме када надлежни државни орган процени да су вредности падавине превазишле одређену екстрмну вредност, државни орган надлежан за безбедност саобраћаја врши делимичну или тоталну обуставу саобраћаја услед повећаног ризика по безбедност саобраћаја услед појаве преливања воде преко саобраћајнице.

Овим је извршен приказ и дискусија добијених резултат примене модела процене ризика од појаве преливања воде преко саобраћајнице у профилу путних пропуста на бујичним сливовима на примеру експрименталне деонице пута.

ПОГЛАВЉЕ

**6.**

**Закључци**

---



У оквиру овог истраживања изучаван је проблем одређивања ризика од појаве преливања воде преко саобраћајнице у профилу путног пропуста на бујичним сливовима. Изучавани проблем је најуже повезан са проблемима насталим услед појаве екстремних вредности падавина које доводе до појаве полава. Одређивање ризика од појаве великих вода које угрожавају саобраћајну инфраструктуру представља актуелан научни проблем који се све више изучава услед своје повезаности са безбедношћу саобраћаја и финансијским анализама санације насталих штета услед појаве великих вода. Фокус овог истраживања је био усмерен на хидротехничке објекте у оквиру путне инфраструктуре, путне поропусте, на бујичним сливовима, односно на сливовима без сталног тока воде током године.

Изучавани проблем је описан формирањем хидролошко-хидрауличког модела, базираног на рачунском моделовању свих значајних физичких процеса који доводе до настанка анализираних појава. Модел процене ризика се базира на пробабилистичком приступу, према коме се ризик одређује на основу вредности вероватноће појаве, која представља излазну вредност хидролошко-хидрауличког модела. Спајањем наведена два модела формиран је хидролошко-хидраулички модел за процену ризика преливања воде преко саобраћајнице у профилима путних пропуста на бујичним сливовима.

Спроведеним истраживањем извршено је потврђивање основних полазишта, основне и две помоћне хипотезе, на којима је ово истраживање базирано. Приказ сумарних резултата примене модела процене ризика од појаве преливања воде преко саобраћајнице у профилима путних пропуста на бујичним сливовима потврђује основну хипотезу спроведеног истраживања, која тврди да анализирана појава преливања воде преко саобраћајнице може имати значајне вредности ризика, услед чега постоји потреба за њеним одређивањем и мапирањем.

Прва помоћна хипотеза, која тврди да је ризик од појаве преливања воде преко саобраћајнице у функционалној зависности са вероватноћом појаве, потврђена је применом пробабилистичког приступа процене ризика на основу кога је одређена једначина (4-12) која описује наведену функционалну зависност. Регресиона зависност, описна у поглављу 3.2., између вредности пика хидрограма отицаја и вероватноће појаве, дата једначином (3-40), чије су вредности коефицијената за сваки пропуст на експерименталној деоници пута приказане у Прилогу 13, потврђује другу помоћну хипотезу која тврди да се применом хидролошко-хидрауличког модела може одредити вероватноћа појаве преливања воде преко саобраћајнице.

Научни доприноси спорведеног истраживања у решавању изучаваног проблема се могу сумирати кроз следеће ставке:

- формиран је нови модел процене ризика од појаве преливања воде преко саобраћајнице у профилу путног пропуста на бијучном сливу, који на основу хидролошко-хидрауличког модела наведене појаве и пробабилистичког приступа процени ризика одређује ризик од функционалног отказа путног пропуста,
- у нови модел процене ризика укључен је и модела трансформације хидрограма отицаја са бујичног слива у привременој акумулацији са узводне стране саобраћајнице, на основу кога се, помоћу коефицијента трансформације, успоставља веза између пика хидрограма отицаја са слива и максималног протицаја путног пропуста,
- нови модел процене ризика има могућност моделовања протицајног капацитета путног пропуста у постојећем стању, односно путног пропуста запуњеног каменим наносом, укључивањем у хидраулички модел два најзначајнија аспекта наведене појаве: смањење протицајног пресека путног пропуста и промене коефицијента трења унутар путног пропуста,
- одређивање вероватноће појаве преливања воде преко саобраћајнице, у оквиру хидролошко-хидрауличког модела, на основу: регресионе зависности између пика хидрограма отицаја са слива и вероватноће појаве, коефицијента трансформације и вредности максималног протицаја путног пропуста,
- класификација ризика према граничним вредностима ризика, које се одређују на основу правно-регулаторних података државе у којој се анализирају обејат налази, омогућава примену модела процене ризика и у другим државама света,
- укључивање мера за смањење ризика у новоформираном моделу омогућава процену ефекта примене грађевинских радова на санацији и реконструкцији пропуста на смањење ризика од анализираних појава.

Примена модела процене ризика од појаве преливања воде преко саобраћајнице у профилима путних пропуста на експерименталној деоници пута, Рашка – Нови Пазар у Републици Србији, доноси следеће закључке:

- 52,24% анализираних пропуста поседује висок ниво ризика од појаве преливања воде у постојећем, експлоатационом, стању, што упућује на закључак о веома лошем стању путних пропуста на експерименталној деоници пута,
- примена радова на санацији пропуста, као прве мере за смањење ризика, довела би до смањивања броја путних пропуста са високом вредношћу ризика на свега 10,45%, односно до повећања броја путних пропуста који поседују вредност ризика у границама прихватљивости на укупно 89,55%. Приказана статистика упућује на закључак да су путни пропуси на анализираној деоници пута добро хидраулички димензионисани и да је изостанак одржавања главни узрок високих вредности ризика појаве преливања воде,

- резултати анализе утицаја нивоа запуњености путног пропуста каменим наносом на протицајни капацитет путног пропуста идентификују запуњеност пропуста каменим наносом као главни узрок смањења протицајног капацитета пропуста. Анализа утицаја облика попречног пресека показује да су цевасте пропусте знатно осетљивије на смањење протицаја услед запуњавања пропуста наносом него засведени путни пропусте.
- резултати анализе примене радова на реконструкцији селектованих путних пропуста показују да модел процене ризика може одредити комбинацију грађевинских радова која обезбеђује смањење ризика на вредност у границама прихватљивости,
- сумарни приказ коначних резултата примене модела процене ризика од анализиране појаве илуструје стање путних пропуста на експерименталној деоници пута кроз податке: да је потребна реконструкција 4 засведена и 3 цеваста путна пропуста, као и да је потребна санација 13 засведених, 12 цевних и 3 плочаста пропуста, док остали пропусте поседују прихватљиве вредности ризика. На основу приказаних података закључује се да постоји примарна потреба за применом радова на санацији путних пропуста, као и потреба за израдом плана реконструкције селектованих пропуста на експерименталној деоници пута.

Приказани модел процене ризика од појаве преливања воде преко саобраћајнице у профилу путног пропуста на бујичном сливу може имати више практичних примена:

- укључивањем новог модела процене ризика у постојеће мапе ризика од поплава омогућава се израда планова одбране од поплава који евидентирају путне пропусте са високим ризиком од појаве преливања воде, на основу чега се могу одредити алтернативни правци деловања хитних служби у сличају појаве поплава,
- мапирање локација путних пропуста са високим ризиком може значајно утицати на повећање безбедности саобраћаја, нарочито на планинским путним деоницама које пресецају велики број бујичних токова. Применом мера за регулацију саобраћаја током појаве екстремних вредности падавина утиче се на повећање безбедности саобраћаја, чиме се могу спасити људски животи,
- резултати процене вредности ризика од анализиране појаве за све пропусте на одређеној деоници пута представљају основу за рангирање путних пропуста према приоритетности интервенција на смањењу ризика. На основу наведеног рангирања могу се израдити планови санације и реконструкције путних пропуста на анализираној деоници пута,
- укључивањем процене вредности грађевинских радова у оквиру модула за анализу примене мера за смањење ризика може се формирати техно-економска

анализа за одређивање оптималног решења за смањење ризика од анализиране појаве,

- обзиром да одређене мере за смањење ризика, као што су изградња новог пропуста, значајно утичу на функционисање саобраћаја, применом резултата формираног модела процене ризика могуће је формирати план примене мера за смањење ризика од анализиране појаве са што мањим утицајем на функционисање саобраћаја на анализираној деоници пута.

У оквиру будућих праваца даљег истраживања и унапређења приказаног модела процене ризика могу се навести следећи:

- проширење примене модела на сливове површина већих од 1 km<sup>2</sup> уз укидање претпоставке о униформној расподели падавина и увођењу рачунских киша које се састоје из више блокова различитог интензитета, као и ефеката различитих праваца наиласка падавина,

- укључивање токова који имају базни отицај током читаве године у хидраулички модел, чиме би се проширила примена модела и на токове који нису бујичног типа,

- проширење скупа грађевинских радова за потребе смањења ризика са директним утицајем на смањење ризика и укључивање у анализу индиректних радова на смањењу ризика (пошумљавање, израда бујичних преграда, узводних ретензија и сл.),

- укључивање цене извођења предвиђених радова на смањењу ризика отвара могућност примене модела процене ризика за потребе техно-економске анализе одређивања оптималне комбинације радова,

- имплементација модела продукције и транспорта наноса са узводног слива, чиме би се у оквиру модела формирала зависност на основу које би се одређивао период редовног одржавања и чишћења акумулираног наноса, све у циљу одржавања вредности ризика од појаве преливања воде преко саобраћајнице у границама прихватљивости,

- израда софтверске платформе, апликације, у оквиру које би било могуће обавити све прорачуне потребне за примену модела процене ризика у оквиру једног софтвера.

Овим је завршен приказ спроведеног истраживања анализиране појаве преливања воде преко саобраћајнице у профилу путног пропуста на бујичном сливу, које је уобличено у форму докторске дисертације.

ПОГЛАВЉЕ

**7.**

**Литература**

---

1. Skorobogatova, O.; Kuzmina-Merlino, I. Transport Infrastructure Development Performance. *Procedia Eng.* **2017**, *178*, 319–329, doi:10.1016/j.proeng.2017.01.056.
2. European Commission Eurostat Database Available online: <https://ec.europa.eu/eurostat/web/main/home>.
3. Central Intelligence Agency United States of America Roadways - The World Factbook Available online: <https://www.cia.gov/the-world-factbook/field/roadways/country-comparison>.
4. Mandić, V.; Šešlija, M.; Kolaković, S.; Kolaković, S.; Jeftenić, G.; Trajković, S. Mountain Road-Culvert Maintenance Algorithm. *Water* **2021**, *13*, 471, doi:10.3390/w13040471.
5. Schall, J.D.; Thompson, P.L.; Zerges, S.M.; Kilgore, R.T.; Morris, J.L. *Hydraulic design of highway culverts*; United States, Department of Transportation, Federal Highway Administration, 2012;
6. Balkham, M.; Fosbeary, C.; Kitchen, A.; Rickard, C. *Culvert design and operation guide*; CIRIA, Classic house, 174-180 Old Street, London, EC1V 9BP, 2010; Vol. 1; ISBN 978-0-86017-689-3.
7. Mark, A.; Marek, P. Chapter 8: Culverts. In *Texas Department of Transportation: Hydraulic design manual*; Texas Department of Transportation, 2019; pp. 293–351.
8. Ashley, S.T.; Ashley, W.S. Flood Fatalities in the United States. *J. Appl. Meteorol. Climatol.* **2008**, *47*, 805–818, doi:10.1175/2007JAMC1611.1.
9. Kolarov, V.; Babić-Mladenović, M. Podaci za izradu preliminarne procene rizika od poplava na teritoriji Republike Srbije. *Vodoprivreda* **2010**, *42*, 1–3.
10. Jovanović, S.; Radić, Z. *Parametarska Hidrologija–poslediplomaska nastava*; 1990;
11. Ristić, R.; Kostadinov, S.; Abolmasov, B.; Dragičević, S.; Trivan, G.; Radić, B.; Trifunović, M.; Radosavljević, Z. Torrential floods and town and country planning in Serbia. *Nat. Hazards Earth Syst. Sci.* **2012**, *12*, 23–35, doi:10.5194/nhess-12-23-2012.
12. Haynes, K.; Coates, L.; Leigh, R.; Handmer, J.; Whittaker, J.; Gissing, A.; Mcaneney, J.; Opper, S. 'Shelter-in-place' vs. evacuation in flash floods. *Environ. Hazards* **2009**, *8*, 291–303, doi:10.3763/ehaz.2009.0022.
13. Jonkman, S.N.; Kelman, I. An Analysis of the Causes and Circumstances of Flood Disaster Deaths. *Disasters* **2005**, *29*, 75–97, doi:10.1111/j.0361-3666.2005.00275.x.

14. Koks, E.E.; Rozenberg, J.; Zorn, C.; Tariverdi, M.; Vousdoukas, M.; Fraser, S.A.; Hall, J.W.; Hallegatte, S. A global multi-hazard risk analysis of road and railway infrastructure assets. *Nat. Commun.* **2019**, *10*, 2677, doi:10.1038/s41467-019-10442-3.
15. Gassman, S.L.; Sasanakul, I.; Pierce, C.E.; Gheibi, E.; Starcher, R.; Ovalle, W.; Rahman, M. Failures of pipe culverts from a 1000-year rainfall event in South Carolina. In Proceedings of the Geotechnical Frontiers 2017; 2017; pp. 114–124, doi: 10.1061/9780784480441.013.
16. Sohn, J. Evaluating the significance of highway network links under the flood damage: An accessibility approach. *Transp. Res. Part A Policy Pract.* **2006**, *40*, 491–506, doi:10.1016/j.tra.2005.08.006.
17. Communities, C. of the E. Directive 2007/60/EC of the European Parliament and of the Council of 23 October 2007 on the assessment and management of flood risks. *Off. J. Eur. Communities* **2007**, *288*, 27–34.
18. de Moel, H.; van Alphen, J.; Aerts, J.C.J.H. Flood maps in Europe – methods, availability and use. *Nat. Hazards Earth Syst. Sci.* **2009**, *9*, 289–301, doi:10.5194/nhess-9-289-2009.
19. Dottori, F.; Alfieri, L.; Bianchi, A.; Skoien, J.; Salamon, P. A new dataset of river flood hazard maps for Europe and the Mediterranean Basin region. *Earth Syst. Sci. Data Discuss.* **2021**, 1–35, doi:10.5194/essd-2020-313.
20. van Ginkel, K.C.H.; Dottori, F.; Alfieri, L.; Feyen, L.; Koks, E.E. Flood risk assessment of the European road network. *Nat. Hazards Earth Syst. Sci.* **2021**, *21*, 1011–1027, doi:10.5194/nhess-21-1011-2021.
21. Šešlija, M.; Vukobratović, I.; Počuč, M.; Peško, I. Economic analyses of heavy maintenance (upgrading) of state road IB21, section Irig - Ruma. *Gradjevinski Mater. i Konstr.* **2018**, *61*, 37–53, doi:10.5937/GRMK1803037S.
22. Kilgore, R.T.; Bergendahl, B.; Hotchkiss, R.H. *Culvert Design for Aquatic Organism Passage: Hydraulic Engineering Circular Number 26*; Central Federal Lands Highway Division, 2010;
23. Günal, M.; Ay, M.; Günal, A.Y. Cross-drainage culvert design by using GIS. *Acta Phys. Pol. A* **2017**, *132*, 595–598, doi:10.12693/APhysPolA.132.595.
24. Lian, Y.; Yen, B.C. Comparison of Risk Calculation Methods for a Culvert. *J. Hydraul. Eng.* **2003**, *129*, 140–152, doi:10.1061/(ASCE)0733-9429(2003)129:2(140).
25. Piratla, K.R.; Jin, H.; Yazdekhashti, S. A Failure Risk-Based Culvert Renewal Prioritization Framework. *Infrastructures* **2019**, *4*, 43, doi:10.3390/infrastructures4030043.
26. Sousa, F.; Dias, S.; Matos, J.C.; Camões, A. Development of Culvert Risk Condition Evaluation for Decision-Making Within Road Infrastructure Management. In Proceedings of the 18th International Probabilistic Workshop. IPW 2021. Lecture Notes in Civil Engineering, vol 153.; Springer, Cham, 2021; pp. 265–279.
27. Kantartzis, A.; Malesios, C.; Stergiadou, A.; Theofanous, N.; Tampekis, S.; Arabatzis, G. A Geographical Information Approach for Forest Maintenance Operations with Emphasis on the Drainage Infrastructure and Culverts. *Water* **2021**, *13*, 1408, doi:10.3390/w13101408.
28. Najafi, M.; Bhattachar, D.V. Development of a culvert inventory and inspection

- framework for asset management of road structures. *J. King Saud Univ.* **2011**, 23, 243–254, doi:10.1016/j.jksus.2010.11.001.
29. Marinković, M.; Dupljanin, M.; Matić, B.; Jovanović, S. Condition rate of road structures in Beočin. *Put i saobraćaj* **2019**, 65, 39–46, doi:10.31075/PIS.65.03.05.
  30. Salem, O.; Salman, B.; Najafi, M. Culvert asset management practices and deterioration modeling. *Transp. Res. Rec.* 2012, 1–7.
  31. Delgado-Ramos, F.; Sanchez-Ladron-de-Guevara, M.S.; Diez-Contreras, A.; Perez-Diaz, M. A Methodology for the Inventory of Road Culverts Pathologies Applied to the Province of Jaen (Andalusia, Spain). *Procedia - Soc. Behav. Sci.* **2014**, 160, 597–606, doi:10.1016/j.sbspro.2014.12.173.
  32. Țîncu, R.; Zêzere, J.L.; Crăciun, I.; Lazăr, G.; Lazăr, I. Quantitative micro-scale flood risk assessment in a section of the Trotuș River, Romania. *Land use policy* **2020**, 95, 103881, doi:10.1016/j.landusepol.2019.02.040.
  33. Bombelli, I.; Molinari, D.; Asaridis, P.; Ballio, F. The “Flood Damage Models” repository. In Proceedings of the Science and practice for an uncertain future; Budapest University of Technology and Economics: Online, 2021; p. null-null.
  34. Stoner, M.; Pang, W.; Piratla, K. Predicting Culvert Deterioration Using Physical and Environmental Time-Independent Variables. *J. Pipeline Syst. Eng. Pract.* **2019**, 10, 04019035, doi:10.1061/(ASCE)PS.1949-1204.0000409.
  35. Tatari, O.; Sargand, S.M.; Masada, T.; Tarawneh, B. Neural Network Approach to Condition Assessment of Highway Culverts: Case Study in Ohio. *J. Infrastruct. Syst.* **2013**, 19, 409–414, doi:10.1061/(ASCE)IS.1943-555X.0000139.
  36. Gao, C.; Elzarka, H. The use of decision tree based predictive models for improving the culvert inspection process. *Adv. Eng. Informatics* **2021**, 47, 101203, doi:10.1016/j.aei.2020.101203.
  37. Truhlar, A.M.; Marjerison, R.D.; Gold, D.F.; Watkins, L.; Archibald, J.A.; Lung, M.E.; Meyer, A.; Walter, M.T. Rapid Remote Assessment of Culvert Flooding Risk. *J. Sustain. Water Built Environ.* **2020**, 6, 6020001, doi:10.1061/JSWBAY.0000900.
  38. Kalantari, Z.; Nickman, A.; Lyon, S.W.; Olofsson, B.; Folkesson, L. A method for mapping flood hazard along roads. *J. Environ. Manage.* **2014**, 133, 69–77, doi:10.1016/j.jenvman.2013.11.032.
  39. Soong, D.T.; Murphy, E.A.; Straub, T.D.; Zeeb, H.L. *Flood-hazard analysis of four headwater streams draining the Argonne National Laboratory property, DuPage County, Illinois (Report 2016–5132)*; US Geological Survey, 2016;
  40. Briceño-Briceño, E.; Oñate-Valdivieso, F.; Oñate-Paladines, A. Evaluation of the Transport Capacity of Flows and Sediments of the Transversal Drainage in a Mountainous Road in the Ecuadorian Andes. *Av. Investig. en Ing.* **2020**, 18, doi:10.18041/1794-4953/avances.2.6628.
  41. Kamaka, M.; Cheng, E.; Teng, M.; Matsuda, C. Analytical and hydraulic model study of highway culvert sand-blockages. *Comput. Methods Exp. Meas. XIII* **2007**, 46, 319–326, doi:10.2495/CMEM070331.
  42. Conesa-García, C.; García-Lorenzo, R. Evaluating the effectiveness of road-crossing drainage culverts in ephemeral streams. *Hydrol. Process.* **2013**, 27, 1781–1796, doi:10.1002/hyp.9335.
  43. Barthelmeß, A.J.; Rigby, E.H. Quantification of debris potential and the



- evolution of a regional culvert blockage model. In Proceedings of the 32nd Hydrology and Water Resources Symposium, Barton, ACT; 2009; pp. 218–229.
44. Tumeo, M.A.; Pavlick, J. *A study of bankfull culvert design effectiveness.*; Ohio. Dept. of Transportation, 2011;
  45. Pelivanoski, B.; Ivanoski, D. Culvert Hydraulics Analysis for Road Flood Protection. In Proceedings of the BALWOIS 2010; BALWOIS: Ohrid, Republic of North Macedonia, 25.-29.05., 2010; pp. 1–11.
  46. Doll, B.A.; Kurki-Fox, J.J.; Line, D.E. A Framework for Planning and Evaluating the Role of Urban Stream Restoration for Improving Transportation Resilience to Extreme Rainfall Events. *Water* **2020**, *12*, 1620, doi:10.3390/w12061620.
  47. Perrin, J.; Dwivedi, R. Need for Culvert Asset Management. *Transp. Res. Rec. J. Transp. Res. Board* **2006**, *1957*, 8–15, doi:10.1177/0361198106195700102.
  48. Узелац, Ђ.; Матић, Б. Примена релационог модела код повезивања елемената грађевинских објеката, каталога оштећења и спецификација радова. In Proceedings of the Научно-стручно саветовање: Оцена стања, одржавање и санација грађевинских објеката и насеља, Април, Дивчибаре; 2009; pp. 9–16.
  49. Meyer, M.D.; Weigel, B. Climate Change and Transportation Engineering: Preparing for a Sustainable Future. *J. Transp. Eng.* **2011**, *137*, 393–403, doi:10.1061/(ASCE)TE.1943-5436.0000108.
  50. Smith, O. Trends in transportation maintenance related to climate change. In Proceedings of the Climate Change Workshop, Center for Transportation and Environment, Washington DC: March; 2006; Vol. 29.
  51. Kinsella, Y.; McGuire, F. Climate change uncertainty and the state highway network: a moving target. In Proceedings of the NEW ZEALAND INSTITUTE OF HIGHWAY TECHNOLOGY (NZIHT) AND TRANSIT NEW ZEALAND SYMPOSIUM, 7TH, 2005, CHRISTCHURCH, NEW ZEALAND; 2005.
  52. Gharaibeh, N.G.; Camacho, G.; Elgendy, M.; Ramirez, I.D. Geographic Information System Framework for Stormwater Drainage Asset Management. *Transp. Res. Rec. J. Transp. Res. Board* **2009**, *2121*, 1–12, doi:10.3141/2121-01.
  53. Beven, K.J. *Rainfall-runoff modelling: the primer*; John Wiley & Sons, 2011; ISBN 1119951011.
  54. Garbrecht, J.; Martz, L.W. Digital elevation model issues in water resources modeling. In Proceedings of the Hydrologic and hydraulic modeling support with geographic information systems; Redlands, CA: ESRI Press, 2000; pp. 1–28.
  55. Kolaković, S. Model upravljanja poplavama na ravničarskim rekama na primeru Dunava kroz Srbiju, University of Novi Sad, 2017.
  56. Ninkov, T.; Bulatović, V.; Sušić, Z.; Vasić, D. Mobilno lasersko skeniranje u postupku masovnog prikupljanja podataka. In Proceedings of the Zbornik Radova Građevinskog Fakulteta; 2014; Vol. 30, pp. 1113–1118.
  57. Abdullah, A.F.; Vojinovic, Z.; Price, R.K.; Aziz, N.A.A. Improved methodology for processing raw LiDAR data to support urban flood modelling – accounting for elevated roads and bridges. *J. Hydroinformatics* **2012**, *14*, 253–269, doi:10.2166/hydro.2011.009.
  58. Vosselman, G. Slope based filtering of laser altimetry data. *Int. Arch. Photogramm. Remote Sens.* **2000**, *33*, 935–942.

59. Kraus, K.; Pfeifer, N. Advanced DTM generation from LIDAR data. *Int. Arch. Photogramm. Remote Sens. Spat. Inf. Sci.* **2001**, *34*, 23–30.
60. Axelsson, P. DEM generation from laser scanner data using adaptive TIN models. *Int. Arch. Photogramm. Remote Sens.* **2000**, *33*, 110–117.
61. Riaño, D.; Chuvieco, E.; Ustin, S.L.; Salas, J.; Rodríguez-Pérez, J.R.; Ribeiro, L.M.; Viegas, D.X.; Moreno, J.M.; Fernández, H. Estimation of shrub height for fuel-type mapping combining airborne LiDAR and simultaneous color infrared ortho imaging. *Int. J. Wildl. Fire* **2007**, *16*, 341, doi:10.1071/WF06003.
62. Djinevski, L.; Stojanova, S.; Trajanov, D. Optimizing durkins propagation model based on tin terrain structures. In *Proceedings of the Advances in Intelligent Systems and Computing*; Springer, 2014; Vol. 231, pp. 263–272.
63. Ditzler, C.; Scheffe, K.; Monger, H.C. *Soil survey manual*; USDA Soil science division staff, 2017; Vol. 18;.
64. Kaur, R.; Kumar, S.; Gurung, H.P. A pedo-transfer function (PTF) for estimating soil bulk density from basic soil data and its comparison with existing PTFs. *Soil Res.* **2002**, *40*, 847, doi:10.1071/SR01023.
65. Nachtergaele, F.; van Velthuisen, H.; Verelst, L.; Batjes, N.H.; Dijkshoorn, K.; van Engelen, V.W.P.; Fischer, G.; Jones, A.; Montanarella, L. The harmonized world soil database. In *Proceedings of the Proceedings of the 19th World Congress of Soil Science, Soil Solutions for a Changing World, Brisbane, Australia, 1-6 August 2010*; 2010; pp. 34–37.
66. Wieder, W.R.; Boehnert, J.; Bonan, G.B.; Langseth, M. Regrided harmonized world soil database v1. 2. Data set Available online: <https://www.fao.org/soils-portal/data-hub/soil-maps-and-databases/harmonized-world-soil-database-v12/en/>.
67. Massart, M.F.; Cherlet, M. Copernicus Land Service, Global Component Portfolio. In *Proceedings of the 2021 IEEE International Geoscience and Remote Sensing Symposium IGARSS*; IEEE, 2021; pp. 6001–6003.
68. Plavšić, J. *Uvod u hidrologiju*; Skripta.; Građevinski fakultet u Beogradu, 2001;
69. Žugaj, R. *Hidrologija*; Rudarsko-geološko-naftni fakultet, 2000; ISBN 9539630371.
70. Leijnse, H.; Uijlenhoet, R.; Stricker, J.N.M. Microwave link rainfall estimation: Effects of link length and frequency, temporal sampling, power resolution, and wet antenna attenuation. *Adv. Water Resour.* **2008**, *31*, 1481–1493, doi:10.1016/j.advwatres.2008.03.004.
71. Jovanović, S. *Primena metoda matematičke statistike u hidrologiji*; Građevinski fakultet u Beogradu, 1987;
72. Vukmirović, V. *Analiza verovatnoće pojave hidroloških veličina*; Naučna knjiga, 1990; ISBN 8623410483.
73. Demarée, G.R.; Van de Vyver, H. Construction of intensity-duration-frequency (IDF) curves for precipitation with annual maxima data in Rwanda, Central Africa. *Adv. Geosci.* **2013**, *35*, 1–5, doi:10.5194/adgeo-35-1-2013.
74. Marta, B.; Kohnova, S.; Ladislav, G.; Szolgay, J.; Hlavčová, K. Estimation of IDF curves of extreme rainfall by simple scaling in Slovakia. *Contrib. to Geophys. Geod.* **2009**, *39*, 187–206.
75. Hrelja, H. Inženjerska hidrologija. *Univ. u Sarajev. Fak.* **2007**.
76. Freeman, T.G. Calculating catchment area with divergent flow based on a

- regular grid. *Comput. Geosci.* **1991**, *17*, 413–422, doi:10.1016/0098-3004(91)90048-I.
77. Quinn, P.; Beven, K.; Chevallier, P.; Planchon, O. The prediction of hillslope flow paths for distributed hydrological modelling using digital terrain models. *Hydrol. Process.* 1991, *5*, 59–79.
78. Qin, C.; Zhu, A. -X.; Pei, T.; Li, B.; Zhou, C.; Yang, L. An adaptive approach to selecting a flow-partition exponent for a multiple-flow-direction algorithm. *Int. J. Geogr. Inf. Sci.* **2007**, *21*, 443–458, doi:10.1080/13658810601073240.
79. Seibert, J.; McGlynn, B.L. A new triangular multiple flow direction algorithm for computing upslope areas from gridded digital elevation models. *Water Resour. Res.* **2007**, *43*, doi:10.1029/2006WR005128.
80. Orlandini, S.; Moretti, G.; Corticelli, M.A.; Santangelo, P.E.; Capra, A.; Rivola, R.; Albertson, J.D. Evaluation of flow direction methods against field observations of overland flow dispersion. *Water Resour. Res.* **2012**, *48*, 2012WR012067, doi:10.1029/2012WR012067.
81. Rampi, L.P.; Knight, J.F.; Lenhart, C.F. Comparison of flow direction algorithms in the application of the cti for mapping wetlands in minnesota. *Wetlands* **2014**, *34*, 513–525, doi:10.1007/s13157-014-0517-2.
82. Li, Z.; Yang, T.; Xu, C.-Y.; Shi, P.; Yong, B.; Huang, C.; Wang, C. Evaluating the area and position accuracy of surface water paths obtained by flow direction algorithms. *J. Hydrol.* **2020**, *583*, 124619, doi:10.1016/j.jhydrol.2020.124619.
83. O'Callaghan, J.F.; Mark, D.M. The extraction of drainage networks from digital elevation data. *Comput. Vision, Graph. Image Process.* **1984**, *28*, 323–344, doi:10.1016/S0734-189X(84)80011-0.
84. Jenson, S.K.; Domingue, J.O. Extracting topographic structure from digital elevation data for geographic information system analysis. *Photogramm. Eng. Remote Sensing* **1988**, *54*, 1593–1600.
85. Pakoksung, K.; Takagi, M. Assessment and comparison of Digital Elevation Model (DEM) products in varying topographic, land cover regions and its attribute: a case study in Shikoku Island Japan. *Model. Earth Syst. Environ.* **2021**, *7*, 465–484, doi:10.1007/s40808-020-00891-x.
86. Prodanović, D.; Stanić, M.; Milivojević, V.; Simić, Z.; Arsić, M. DEM-based GIS algorithms for automatic creation of hydrological models data. *J. Serbian Soc. Comput. Mech.* **2009**, *3*, 64–85.
87. Jasiewicz, J.; Metz, M. A new GRASS GIS toolkit for Hortonian analysis of drainage networks. *Comput. Geosci.* **2011**, *37*, 1162–1173, doi:10.1016/j.cageo.2011.03.003.
88. Hack, J.T. *Studies of longitudinal stream profiles in Virginia and Maryland*; US Government Printing Office, 1957; Vol. 294;.
89. Horton, R.E. Erosional development of streams and their drainage basins; hydrophysical approach to quantitative morphology. *Geol. Soc. Am. Bull.* **1945**, *56*, 275–370.
90. Shreve, R.L. Statistical law of stream numbers. *J. Geol.* **1966**, *74*, 17–37.
91. Strahler, A.N. Quantitative analysis of watershed geomorphology. *Eos, Trans. Am. Geophys. Union* **1957**, *38*, 913–920, doi:10.1029/TR038i006p00913.
92. Tarboton, D.G. A new method for the determination of flow directions and upslope areas in grid digital elevation models. *Water Resour. Res.* **1997**, *33*,

- 309–319, doi:10.1029/96WR03137.
93. Miller, G.L.; Talmor, D.; Teng, S.-H.; Walkington, N. A Delaunay based numerical method for three dimensions. **1995**, 683–692, doi:10.1145/225058.225286.
  94. Chow, V. Te; Maidment, D.R.; Mays, L.W. *Applied hydrology*; 1988; ISBN 0070108102.
  95. Ojha, C.; Berndtsson, R.; Bhunya, P. *Engineering hydrology*; Oxford university press, 2008; ISBN 0195694619.
  96. Topalović, Ž.; Todorović, A.; Plavšić, J. Evaluating the transferability of monthly water balance models under changing climate conditions. *Hydrol. Sci. J.* **2020**, 65, 928–950, doi:10.1080/02626667.2020.1725238.
  97. Miller, J.E. *Basic concepts of kinematic-wave models*; US Geological Survey, 1984;
  98. Wong, T.S.W. Kinematic wave method for determination of road drainage inlet spacing. *Adv. Water Resour.* **1994**, 17, 329–336.
  99. Ponce, V.M. Kinematic wave controversy. *J. Hydraul. Eng.* **1991**, 117, 511–525.
  100. Shaw, E.M.; Beven, K.J.; Chappell, N.A.; Lamb, R. Hydrology in practice. In *Hydrology in practice, 4th edition*; Spon Press, imprint of Teylor & Francis, 2011; p. 558 ISBN 978-0-203-03023-3.
  101. Snyder, F.F. Synthetic unit-graphs. *Eos, Trans. Am. Geophys. Union* **1938**, 19, 447–454.
  102. Te Chow, V. *Applied hydrology*; Tata McGraw-Hill Education, 2010; ISBN 007070242X.
  103. Bhunya, P.K.; Panda, S.N.; Goel, M.K. Synthetic Unit Hydrograph Methods: A Critical Review. *Open Hydrol. J.* **2011**, 5, 1–8, doi:10.2174/1874378101105010001.
  104. Fang, X.; Prakash, K.; Cleveland, T.; Thompson, D.; Pradhan, P. Revisit of NRCS unit hydrograph procedures. In Proceedings of the Proceeding of the ASCE Texas Section Spring Meeting in Austin,; 2005; Vol. April, pp. 1–21.
  105. de Almeida, I.K.; Almeida, A.K.; Anache, J.A.A.; Steffen, J.L.; Alves Sobrinho, T. Estimation on time of concentration of overland flow in watersheds: a review. *Geociências (São Paulo)* **2014**, 33, 661–671.
  106. Mishra, S.K.; Singh, V.P. *Soil conservation service curve number (SCS-CN) methodology*; Second edi.; Springer Science & Business Media, 2013; Vol. 42; ISBN 9401701474.
  107. Division, U.S.S.C.S.E. *Urban hydrology for small watersheds*; Second edi.; Engineering Division, Soil Conservation Service, US Department of Agriculture, 1986;
  108. Eric, R.; Todorovic, A.; Plavsic, J.; Djukic, V. Rainfall-runoff simulations in the Lukovska River Basin with the HEC-HMS model. *Glas. Sumar. Fak.* **2019**, 33–60, doi:10.2298/GSF1919033E.
  109. Draper, N.R.; Smith, H. *Applied regression analysis*; John Wiley & Sons, 1998; Vol. 326; ISBN 0471170828.
  110. Stojić, A. Alternativne metode regresije, Mathematical faculty University of Belgrade, 2016.
  111. Chatterjee, S.; Hadi, A.S. *Regression analysis by example*; John Wiley & Sons, 2013; ISBN 1118456246.

112. Wagner, P.D.; Fiener, P.; Wilken, F.; Kumar, S.; Schneider, K. Comparison and evaluation of spatial interpolation schemes for daily rainfall in data scarce regions. *J. Hydrol.* **2012**, *464–465*, 388–400, doi:10.1016/j.jhydrol.2012.07.026.
113. Bostan, P.A.; Heuvelink, G.B.M.; Akyurek, S.Z. Comparison of regression and kriging techniques for mapping the average annual precipitation of Turkey. *Int. J. Appl. Earth Obs. Geoinf.* **2012**, *19*, 115–126.
114. Prohaska, O.; Plavšić, J.; Prohaska, S.; Todorović, A. Kartiranje parametra metode Langbajna za proračun srednjih voda na neizučnim slivovima na teritoriji Srbije. *Vodoprivreda* **2019**, *50*, 99–109.
115. Mandić, V.; Despotović, I.; Šešlija, M.; Mihajlović, S.; Kolaković, S. Efficiency analysis of two spatial interpolation methods of precipitation on the Kolubara river basin. In Proceedings of the X International Conference “Heavy Machinery-HM 2021”, Vrnjačka Banja, 23–25 June 2021; The Faculty of mechanical and civil engineering in Kraljevo University of Kragujevac, 2021; p. G.43-G.50.
116. Ly, S.; Charles, C.; Degré, A. Different methods for spatial interpolation of rainfall data for operational hydrology and hydrological modeling at watershed scale: a review. *Biotechnol. Agron. Société Environ.* **2013**, *17*, 392–406.
117. de Amorim Borges, P.; Franke, J.; da Anunciação, Y.M.T.; Weiss, H.; Bernhofer, C. Comparison of spatial interpolation methods for the estimation of precipitation distribution in Distrito Federal, Brazil. *Theor. Appl. Climatol.* **2016**, *123*, 335–348.
118. Keblouti, M.; Ouerdachi, L.; Boutaghane, H. Spatial Interpolation of Annual Precipitation in Annaba-Algeria - Comparison and Evaluation of Methods. *Energy Procedia* **2012**, *18*, 468–475, doi:10.1016/j.egypro.2012.05.058.
119. Shepard, D. A two-dimensional interpolation function for irregularly-spaced data. In Proceedings of the Proceedings of the 1968 23rd ACM national conference on -; ACM Press: New York, New York, USA, 1968; pp. 517–524.
120. Gia Pham, T.; Kappas, M.; Van Huynh, C.; Hoang Khanh Nguyen, L. Application of Ordinary Kriging and Regression Kriging Method for Soil Properties Mapping in Hilly Region of Central Vietnam. *ISPRS Int. J. Geo-Information* **2019**, *8*, 147, doi:10.3390/ijgi8030147.
121. Hohmann, C.; Kirchengast, G.; O, S.; Rieger, W.; Foelsche, U. Small Catchment Runoff Sensitivity to Station Density and Spatial Interpolation: Hydrological Modeling of Heavy Rainfall Using a Dense Rain Gauge Network. *Water* **2021**, *13*, 1381, doi:10.3390/w13101381.
122. Aquaveo LLC HY-8 User Manual 7.5 Available online: [https://www.xmswiki.com/wiki/HY8:HY-8\\_User\\_Manual\\_7.5](https://www.xmswiki.com/wiki/HY8:HY-8_User_Manual_7.5).
123. Jaeger, R.; Tondera, K.; Pather, S.; Porter, M.; Jacobs, C.; Tindale, N. Flow control in culverts: A performance comparison between inlet and outlet control. *Water (Switzerland)* **2019**, *11*, 1–11, doi:10.3390/w11071408.
124. Iowa State University of Science and Technology *Iowa Statewide Urban Design and Specifications - Manual*; Ames, Iowa, USA, 2013;
125. Капор, Р. *Хидраулика*; Треће допу.; Универзитет у Београду, Грађевински факултет и Академска мисао: Београд, 2015; ISBN 978-86-7466-573-2.
126. Debo, T.N.; Reese, A. *Municipal stormwater management*; CRC Press, 2002; ISBN 0429191642.
127. Kolaković, S.; Trajković, S. *Hidrotehničke melioracije - odvodnjavanje*; Univerzitet u novnom Sadu Fakultet tehničkih nauka, edicija tehničke nauke -

- udžbenici: Novi Sad, 2019; ISBN 978-86-6022-153-9.
128. Kolaković, S.; Kolaković, S.; Fabian, J.; Jeftenić, G.; Trajković, S. River Floodplain 1D/2D Hydraulic Modelling Combined with Recent LiDAR DTM Technology. *Teh. Vjesn. - Tech. Gaz.* **2021**, *28*, 880–890, doi:10.17559/TV-20200429024034.
  129. Ardiçlioğlu, M.; Kuriqi, A. Calibration of channel roughness in intermittent rivers using HEC-RAS model: case of Sarimsakli creek, Turkey. *SN Appl. Sci.* **2019**, *1*, 1080, doi:10.1007/s42452-019-1141-9.
  130. Arcement, G.J.; Schneider, V.R. *Guide for selecting Manning's roughness coefficients for natural channels and flood plains*; US Government Printing Office Washington, DC, 1989;
  131. Sturm, T.W. *Open channel hydraulics*; McGraw-Hill New York, 2001; Vol. 1;.
  132. Ladson, A.; Lang, S.; Anderson, B.; Rutherford, I.D. An Australian handbook of stream roughness coefficients. In Proceedings of the 28th Hydrology and Water Resources Symposium, Wollongong; 2003; pp. 10–14.
  133. Devkota, J.P.; Baral, D.; Rayamajhi, B.; Tritico, H.M. Variation in Manning's Roughness Coefficient with Diameter, Discharge, and Slope in Partially Filled HDPE Culverts. In Proceedings of the World Environmental and Water Resources Congress 2012: Crossing Boundaries; 2012; pp. 1716–1726.
  134. Ye, A.; Zhou, Z.; You, J.; Ma, F.; Duan, Q. Dynamic Manning's roughness coefficients for hydrological modelling in basins. *Hydrol. Res.* **2018**, *49*, 1379–1395, doi:10.2166/nh.2018.175.
  135. Djajadi, R. Comparative study of equivalent Manning roughness coefficient for channel with composite roughness. *Civ. Eng. Dimens.* **2009**, *11*, 113–118.
  136. Yen, B.C. Open Channel Flow Resistance. *J. Hydraul. Eng.* **2002**, *128*, 20–39, doi:10.1061/(ASCE)0733-9429(2002)128:1(20).
  137. HONG, Y.-M. Numerical simulation of laboratory experiments in detention pond routing with long rainfall duration. *Int. J. Sediment Res.* **2008**, *23*, 233–248, doi:10.1016/S1001-6279(08)60021-9.
  138. Hong, Y.-M.; Yeh, N.; Chen, J.-Y. The simplified methods of evaluating detention storage volume for small catchment. *Ecol. Eng.* **2006**, *26*, 355–364, doi:10.1016/j.ecoleng.2005.12.006.
  139. Guo, J.C.Y. Detention Storage Volume for Small Urban Catchments. *J. Water Resour. Plan. Manag.* **1999**, *125*, 380–382, doi:10.1061/(ASCE)0733-9496(1999)125:6(380).
  140. Hong, Y.-M. Graphical estimation of detention pond volume for rainfall of short duration. *J. Hydro-environment Res.* **2008**, *2*, 109–117, doi:10.1016/j.jher.2008.06.003.
  141. Wang, X.; Liu, T.; Shang, S.; Yang, D.; Melesse, A.M. Estimation of design discharge for an ungauged overflow-receiving watershed using one-dimensional hydrodynamic model. *Int. J. River Basin Manag.* **2010**, *8*, 79–92, doi:10.1080/15715121003714886.
  142. Levy, B.; McCuen, R. Assessment of Storm Duration for Hydrologic Design. *J. Hydrol. Eng.* **1999**, *4*, 209–213, doi:10.1061/(ASCE)1084-0699(1999)4:3(209).
  143. Hotchkiss, R.H.; McCallum, B.E. Peak Discharge for Small Agricultural Watersheds. *J. Hydraul. Eng.* **1995**, *121*, 36–48, doi:10.1061/(ASCE)0733-9429(1995)121:1(36).

144. Pojani, E.; Keçi, J. *Upravljanje rizikom od katastrofalnih događaja na Zapadnom Balkanu*; Makovička Osvaldova, L., Vandaličkova, M., Eds.; Univerzitet u Novom Sadu, Fakultet tehničkih nauka, 2020; ISBN 978-86-6022-291-8.
145. Simonovic, S.P. Flood risk management. In *Floods in a Changing Climate: Risk Management*; Cambridge University Press: Cambridge, 2012; pp. 7–16 ISBN 1139851624.
146. Rey, W.; Martínez-Amador, M.; Salles, P.; Mendoza, E.T.; Trejo-Rangel, M.A.; Franklin, G.L.; Ruiz-Salcines, P.; Appendini, C.M.; Quintero-Ibáñez, J. Assessing Different Flood Risk and Damage Approaches: A Case of Study in Progreso, Yucatan, Mexico. *J. Mar. Sci. Eng.* **2020**, *8*, 137, doi:10.3390/jmse8020137.
147. Kelman, I. Defining risk. *FloodRiskNet Newsl.* **2003**, *2*, 6–8.
148. Sayers, P.B.; Hall, J.W.; Meadowcroft, I.C. Towards risk-based flood hazard management in the UK. In Proceedings of the Proceedings of the institution of civil engineers-civil engineering; Thomas Telford Ltd, 2002; Vol. 150, pp. 36–42.
149. Simonovic, S.P. *Floods in a Changing Climate: Risk Management*; Cambridge University Press: Cambridge, 2012; ISBN 9781139088404.
150. Simonović, S.P. *Managing Water Resources*; Routledge, 2012; ISBN 9781849771917.
151. Pudar, R.; Plavšić, J.; Todorović, A. Evaluation of Green and Grey Flood Mitigation Measures in Rural Watersheds. *Appl. Sci.* **2020**, *10*, 6913, doi:10.3390/app10196913.
152. Slovic, P.E. *The perception of risk.*; Earthscan publications, 2000; ISBN 1853835277.
153. Singh, V.P.; Jain, S.K.; Tyagi, A. *Risk and Reliability Analysis*; 1st ed.; American Society of Civil Engineers: Reston, VA, 2007; ISBN 978-0-7844-0891-9.
154. Apel, H.; Thielen, A.H.; Merz, B.; Blöschl, G. Flood risk assessment and associated uncertainty. *Nat. Hazards Earth Syst. Sci.* **2004**, *4*, 295–308, doi:10.5194/nhess-4-295-2004.
155. Stojkovic, M.; Simonovic, S.P. Understanding the Uncertainty of the Lim River Basin Response to Changing Climate. *J. Hydrol. Eng.* **2020**, *25*, 05020023, doi:10.1061/(ASCE)HE.1943-5584.0001964.
156. Crosetto, M.; Tarantola, S. Uncertainty and sensitivity analysis: tools for GIS-based model implementation. *Int. J. Geogr. Inf. Sci.* **2001**, *15*, 415–437, doi:10.1080/13658810110053125.
157. Hamby, D.M. A review of techniques for parameter sensitivity analysis of environmental models. *Environ. Monit. Assess.* **1994**, *32*, 135–154, doi:10.1007/BF00547132.
158. Lenhart, T.; Eckhardt, K.; Fohrer, N.; Frede, H.-G. Comparison of two different approaches of sensitivity analysis. *Phys. Chem. Earth, Parts A/B/C* **2002**, *27*, 645–654, doi:10.1016/S1474-7065(02)00049-9.
159. Verma, R.K.; Verma, S.; Mishra, S.K.; Pandey, A. SCS-CN-Based Improved Models for Direct Surface Runoff Estimation from Large Rainfall Events. *Water Resour. Manag.* **2021**, *35*, 2149–2175, doi:10.1007/s11269-021-02831-5.
160. Abrams, M.; Crippen, R. *ASTER GDEM V3 (ASTER Global DEM)*; 2019;
161. Abrams, M.; Crippen, R.; Fujisada, H. ASTER Global Digital Elevation Model (GDEM) and ASTER Global Water Body Dataset (ASTWBD). *Remote Sens.*

- 2020, 12, 1–12, doi:10.3390/rs12071156.
162. NASA EarthDATA Search Available online: <https://earthdata.nasa.gov/>.
  163. Harmonized World Soil Database v 1.2 Available online: <https://www.fao.org/soils-portal/data-hub/soil-maps-and-databases/harmonized-world-soil-database-v12/en/>.
  164. Copernicus Available online: <https://www.copernicus.eu/en>.
  165. Büttner, G. CORINE Land Cover and Land Cover Change Products. In *Land use and land cover mapping in Europe*; Springer, 2014; pp. 55–74.
  166. Copernicus Land monitoring Service (CLMS): Corine Land Cover Available online: <https://land.copernicus.eu/pan-european/corine-land-cover/clc2018>.
  167. Мандић, В. Подаци о пропустима на експерименталној деоници пута Рашка- Нови Пазар Available online: <https://doi.org/10.5281/zenodo.4310271>.
  168. *Водопривредна основа Републике Србије - Хидрометеоролошке подлоге*; 2009;
  169. Република Србија *Закон о планирању и изградњи*; Службени Гласник Републике Србије, број: 72/2009, 81/2009, 64/2010, 24/2011, 121/2012, 42/2013, 50/2013, 98/2013, 132/2014, 145/2014, 83/2018, 31/2019, 37/2019, 9/2020 и 52/2021: Република Србија;
  170. Република Србија *Правилник о класификацији објеката*; Службени Гласник Републике Србије, број: 22/2015: Република Србија;
  171. Република Србија *Закон о путевима*; Службени Гласник Републике Србије, број: 41/2018 и 95/2018: Република Србија;
  172. Република Србија *Приручник за пројектовање путева у Републици Србији, 10.3. Пројектовање пропуста*; Јавно Предузеће Путеви Србије, 2012;
  173. Република Србија *Приручник за пројектовање путева у Републици Србији, 2.2. Хидролошке анализе*; Јавно Предузеће Путеви Србије, 2012;
  174. Република Србија *Правилник о условима које са аспекта безбедности саобраћаја морају да испуњавају путни објекти и други елементи јавног пута*; Службени Гласник Републике Србије, број: 41/09 и 53/10: Република Србија;
  175. QGIS Development Team QGIS Geographic Information System Available online: <https://qgis.org/>.
  176. Lindsay, J. WhiteboxTools User Manual: D8FlowAccumulation Available online: [https://www.whiteboxgeo.com/manual/wbt\\_book/available\\_tools/hydrological\\_analysis.html#D8FlowAccumulation](https://www.whiteboxgeo.com/manual/wbt_book/available_tools/hydrological_analysis.html#D8FlowAccumulation).
  177. Olaya, V.; Wichmann, V. SAGA-GIS Tool: Strahler Order Available online: [http://www.saga-gis.org/saga\\_tool\\_doc/4.1.0/ta\\_channels\\_6.html](http://www.saga-gis.org/saga_tool_doc/4.1.0/ta_channels_6.html).
  178. Conrad, O. SAGA-GIS Module: Upslope Area Available online: [http://www.saga-gis.org/saga\\_tool\\_doc/2.3.0/ta\\_hydrology\\_4.html](http://www.saga-gis.org/saga_tool_doc/2.3.0/ta_hydrology_4.html).
  179. Blue Marble Geographics Global Mapper Available online: <https://www.bluemarblegeo.com/global-mapper/>.
  180. Aquaveo LLC Watershed Modeling System (WMS) Available online: <https://www.aquaveo.com/software/wms-watershed-modeling-system-introduction>.
  181. The MathWorks Inc MATLAB, Version 9.2. 0 (R2017a) Available online: <https://www.mathworks.com/products/matlab.html>.

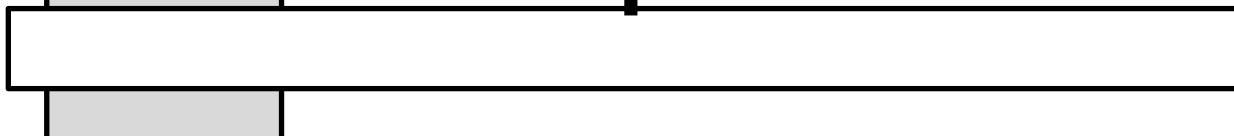


182. The MathWorks Inc MATLAB: Curve fitting toolbox Available online: <https://www.mathworks.com/products/curvefitting.html>.
183. US Department of Transportation Federal Highway Administration HY-8 Available online: <https://www.fhwa.dot.gov/engineering/hydraulics/software/hy8/>.
184. Microsoft Corporation Excel Available online: <https://office.microsoft.com/excel>.
185. Nwaogazie, I.L.; Agiho, G.C. Performance analysis of box and circular culverts using HY 8 software for Aluu Clan, Port Harcourt. *Niger. J. Technol.* **2019**, *38*, 22, doi:10.4314/njt.v38i1.4.
186. Vladimir, M. Rezultati primene modela procene rizika Available online: <https://doi.org/10.5281/zenodo.6285675#.Yhkms-0-3fA.mendeley> (accessed on Feb 25, 2022).
187. Sezen, H.; Yeau, K.Y.; Fox, P.J. In-Situ Load Testing of Corrugated Steel Pipe-Arch Culverts. *J. Perform. Constr. Facil.* **2008**, *22*, 245–252, doi:10.1061/(ASCE)0887-3828(2008)22:4(245).

ПОГЛАВЉЕ

**8.**

**Прилози**



**Прилог 1: Физичке карактеристике путних пропуста на експерименталној деоници пута**

Редни број пропуста:	Стационажа пута: [km]	Тип путног пропуста:	Димензије / Пречник:		Дужина пропуста: L [m]	Нагиб дна пропуста: I [%]	Запуњеност наносом: [%] од Н
			В [mm]	Н [mm]			
1	236+787,98	Цевасти пропуст	Ø500		10,15	5,30	2
2	236+823,51	Цевасти пропуст	Ø500		18,91	8,00	56
3	236+894,18	Плочасти пропуст	2500	1500	8,76	3,50	5
4	236+956,47	Засведени пропуст	1000	1000	13,70	2,10	7
5	237+272,57	Засведени пропуст	2000	1600	23,43	8,52	0
6	237+347,94	Засведени пропуст	1000	1000	20,12	3,00	47
7	237+474,57	Засведени пропуст	1600	2000	21,14	5,00	0
8	238+156,69	Засведени пропуст	1000	1000	35,20	5,40	0
9	238+292,19	Засведени пропуст	1000	1000	27,42	3,50	5
10	238+490,45	Плочасти пропуст	1200	1000	10,11	3,50	41
11	238+669,13	Засведени пропуст	2000	1600	25,56	10,02	3
12	238+766,17	Засведени пропуст	1000	1000	28,33	2,50	49
13	238+915,57	Засведени пропуст	4000	3200	14,88	11,60	5
14	239+173,11	Плочасти пропуст	3000	2850	9,79	0,00	5
15	239+319,67	Цевасти пропуст	Ø500		17,81	6,50	0
16	239+472,49	Цевасти пропуст	Ø1000		16,56	3,00	16
17	239+719,77	Цевасти пропуст	Ø500		36,52	7,30	49
18	239+997,62	Засведени пропуст	1000	1000	14,12	4,31	57

Редни број пропуста:	Стационажа пута: [km]	Тип путног пропуста:	Димензије / Пречник:		Дужина пропуста: L [m]	Нагиб дна пропуста: I [%]	Запуњеност наносом: [%] од Н
			В [mm]	Н [mm]			
19	240+279,11	Плочасти пропуст	2000	1900	10,18	9,20	5
20	241+027,08	Засведени пропуст	1000	1000	22,55	7,10	85
21	241+492,58	Засведени пропуст	2000	2000	30,74	6,80	27
22	241+586,83	Засведени пропуст	1000	1000	25,58	4,00	59
23	241+852,17	Засведени пропуст	1000	1000	15,00	4,00	11
24	242+090,81	Засведени пропуст	3000	2500	14,23	3,00	13
25	242+664,35	Плочасти пропуст	4000	2300	9,57	0,00	7
26	242+917,15	Засведени пропуст	1000	1000	23,88	4,00	9
27	243+018,46	Засведени пропуст	1000	1000	20,58	3,30	36
28	243+587,44	Засведени пропуст	3000	2400	23,47	4,00	3
29	243+846,10	Засведени пропуст	1000	1000	25,68	10,60	48
30	244+471,59	Цевасти пропуст	Ø500		14,43	3,00	69
31	244+966,12	Плочасти пропуст	2000	1600	9,51	13,20	7
32	245+195,07	Цевасти пропуст	Ø600		10,74	3,00	37
33	245+293,13	Плочасти пропуст	2000	1200	10,62	6,80	41
34	245+422,35	Цевасти пропуст	Ø1000		32,89	3,00	5
35	245+548,35	Цевасти пропуст	Ø1000		13,14	1,00	51
36	245+727,52	Плочасти пропуст	2200	1800	9,24	0,50	13
37	246+075,34	Засведени пропуст	2000	2200	20,06	11,30	37
38	246+726,22	Цевасти пропуст	Ø1000		21,08	2,36	53

Редни број пропуста:	Стационажа пута: [km]	Тип путног пропуста:	Димензије / Пречник:		Дужина пропуста: L [m]	Нагиб дна пропуста: I [%]	Запуњеност наносом: [%] од Н
			В [mm]	Н [mm]			
39	246+999,19	Засведени пропуст	2000	1700	20,67	8,30	32
40	247+118,27	Засведени пропуст	1000	1000	19,68	7,20	3
41	247+524,23	Засведени пропуст	1000	1000	22,09	13,00	21
42	247+736,66	Плочасти пропуст	2500	2000	9,86	10,80	15
43	248+456,77	Цевасти пропуст	Ø900		27,25	3,10	67
44	248+550,84	Цевасти пропуст	Ø1000		24,19	2,90	3
45	248+721,08	Засведени пропуст	2000	2000	15,89	7,00	18
46	249+329,99	Плочасти пропуст	1000	1100	8,77	2,20	33
47	249+551,94	Засведени пропуст	1000	1000	15,65	8,70	71
48	249+782,51	Засведени пропуст	1000	1000	29,57	4,90	41
49	249+954,08	Цевасти пропуст	Ø600		36,91	4,00	39
50	250+157,09	Засведени пропуст	2000	1800	28,05	17,30	2
51	250+246,86	Засведени пропуст	1000	1000	24,47	6,80	19
52	250+365,82	Засведени пропуст	2000	1500	30,96	8,07	9
53	250+506,79	Плочасти пропуст	1800	2000	10,55	2,00	4
54	250+575,28	Цевасти пропуст	Ø600		30,57	7,50	3
55	250+787,30	Плочасти пропуст	3000	1300	9,53	2,30	8
56	250+990,72	Цевасти пропуст	Ø1000		10,91	2,50	41
57	251+346,95	Цевасти пропуст	Ø800		30,48	1,00	4
58	251+541,72	Плочасти пропуст	2300	1700	9,73	0,00	6

Редни број пропуста:	Стационажа пута: [km]	Тип путног пропуста:	Димензије / Пречник:		Дужина пропуста: L [m]	Нагиб дна пропуста: I [%]	Запуњеност наносом: [%] од Н
			В [mm]	Н [mm]			
59	251+667,78	Цевасти пропуст	Ø800		29,93	1,50	61
60	252+038,90	Цевасти пропуст	Ø1000		18,12	1,00	14
61	252+152,23	Цевасти пропуст	Ø500		20,30	8,30	26
62	252+248,92	Плочасти пропуст	2500	2200	9,01	0,10	3
63	252+322,88	Цевасти пропуст	Ø800		18,48	2,00	19
64	252+427,55	Цевасти пропуст	Ø600		10,65	5,00	28
65	252+569,80	Плочасти пропуст	3500	2400	12,05	6,82	3
66	252+852,53	Засведени пропуст	1000	1000	20,34	30,74	52
67	253+165,20	Засведени пропуст	1000	1000	16,65	11,00	23

**Прилог 2: Подаци о падавинама кратког трајања са падавинских станица из мреже РХМЗ-а**

Мерна станица:	Географске координате:		Надморска висина:
	$\varphi$ (°)	$\lambda$ (°)	h (mJm)
<b>Беоце</b>	43,33	20,62	415

ОРДИНАТЕ РАСПОДЕЛЕ ВЕРОВАТНОЋА МАКСИМАЛНИХ ВИСИНА КИША  $H$ (mm) ТРАЈАЊА  $T_k$  (min) И ВЕРОВАТНОЋЕ  $P$ (%)

$H$ (mm)	$T_k$ (min)	$P$ (%)						
		0,1	1	2	5	10	20	50
<b>10</b>	10	26,43	21,67	20,12	17,92	16,14	14,14	10,80
	20	33,41	27,40	25,43	22,65	20,40	17,87	13,66
	30	37,40	30,67	28,48	25,36	22,84	20,01	15,29
	60	44,19	36,24	33,65	29,97	26,99	23,64	18,07
	120	51,17	41,97	38,96	34,70	31,25	27,37	20,92
	180	55,46	45,48	42,22	37,60	33,87	29,66	22,67
	360	63,30	51,91	48,19	42,92	38,66	33,86	25,88
	720	71,98	59,03	54,80	48,81	43,96	38,50	29,43
	1440	81,70	67,00	62,20	55,40	49,90	43,70	33,40

ОРДИНАТЕ РАСПОДЕЛЕ ВЕРОВАТНОЋА ИНТЕНЗИТЕТА КИША  $I$ (mm/min) ТРАЈАЊА  $T_k$  (min) И ВЕРОВАТНОЋЕ  $P$ (%)

$I$ (mm/min)	$T_k$ (min)	$P$ (%)						
		0,1	1	2	5	10	20	50
<b>10</b>	10	2,643	2,167	2,012	1,792	1,614	1,414	1,080
	20	1,671	1,370	1,272	1,133	1,020	0,894	0,683
	30	1,247	1,022	0,949	0,845	0,761	0,667	0,510
	60	0,737	0,604	0,561	0,500	0,450	0,394	0,301
	120	0,426	0,350	0,325	0,289	0,260	0,228	0,174
	180	0,308	0,253	0,235	0,209	0,188	0,165	0,126
	360	0,176	0,144	0,134	0,119	0,107	0,094	0,072
	720	0,100	0,082	0,076	0,068	0,061	0,053	0,041
	1440	0,057	0,047	0,043	0,038	0,035	0,030	0,023

Мерна станица:	Географске координате:		Надморска висина:
	$\varphi$ (°)	$\lambda$ (°)	h (mJm)
<b>Гокчаница</b>	43,48	20,72	480

ОРДИНАТЕ РАСПОДЕЛЕ ВЕРОВАТНОЋА МАКСИМАЛНИХ ВИСИНА КИША  $H$ (mm) ТРАЈАЊА  $T_k$  (min) И ВЕРОВАТНОЋЕ  $P$ (%)

$H$ (mm)	$T_k$ (min)	P (%)						
		0,1	1	2	5	10	20	50
10	10	38,88	29,54	26,72	22,97	20,06	17,02	12,45
20	20	49,15	37,33	33,77	29,03	25,35	21,51	15,74
30	30	55,03	41,80	37,81	32,50	28,38	24,08	17,63
60	60	65,02	49,39	44,68	38,41	33,54	28,45	20,83
120	120	75,29	57,19	51,74	44,47	38,83	32,95	24,11
180	180	81,59	61,97	56,07	48,19	42,08	35,70	26,13
360	360	93,13	70,74	64,00	55,01	48,04	40,75	29,83
720	720	105,90	80,44	72,77	62,55	54,62	46,34	33,92
1440	1440	120,20	91,30	82,60	71,00	62,00	52,60	38,50

ОРДИНАТЕ РАСПОДЕЛЕ ВЕРОВАТНОЋА ИНТЕНЗИТЕТА КИША  $I$ (mm/min) ТРАЈАЊА  $T_k$  (min) И ВЕРОВАТНОЋЕ  $P$ (%)

$I$ (mm/min)	$T_k$ (min)	P (%)						
		0,1	1	2	5	10	20	50
10	10	3,888	2,954	2,672	2,297	2,006	1,702	1,245
20	20	2,458	1,867	1,689	1,452	1,268	1,076	0,787
30	30	1,834	1,393	1,260	1,083	0,946	0,803	0,588
60	60	1,084	0,823	0,745	0,640	0,559	0,474	0,347
120	120	0,627	0,477	0,431	0,371	0,324	0,275	0,201
180	180	0,453	0,344	0,312	0,268	0,234	0,198	0,145
360	360	0,259	0,197	0,178	0,153	0,133	0,113	0,083
720	720	0,147	0,112	0,101	0,087	0,076	0,064	0,047
1440	1440	0,083	0,063	0,057	0,049	0,043	0,037	0,027



Мерна станица:	Географске координате:		Надморска висина:
	$\varphi$ (°)	$\lambda$ (°)	h (mnJm)
<b>Јошаничка Бања</b>	43,38	20,75	555

ОРДИНАТЕ РАСПОДЕЛЕ ВЕРОВАТНОЋА МАКСИМАЛНИХ ВИСИНА КИША  $H$ (mm) ТРАЈАЊА  $T_k$  (min) И ВЕРОВАТНОЋЕ  $P$ (%)

$H$ (mm)	$T_k$ (min)	$P$ (%)						
		0,1	1	2	5	10	20	50
10	10	30,86	24,94	23,13	20,64	18,67	16,50	13,07
20	20	39,01	31,53	29,24	26,09	23,59	20,85	16,52
30	30	43,67	35,30	32,73	29,21	26,42	23,35	18,50
60	60	51,60	41,70	38,68	34,51	31,21	27,59	21,85
120	120	59,75	48,29	44,78	39,96	36,14	31,94	25,30
180	180	64,76	52,33	48,53	43,31	39,17	34,62	27,42
360	360	73,91	59,73	55,40	49,43	44,70	39,51	31,30
720	720	84,05	67,93	62,99	56,21	50,84	44,93	35,59
1440	1440	95,40	77,10	71,50	63,80	57,70	51,00	40,40

ОРДИНАТЕ РАСПОДЕЛЕ ВЕРОВАТНОЋА ИНТЕНЗИТЕТА КИША  $I$ (mm/min) ТРАЈАЊА  $T_k$  (min) И ВЕРОВАТНОЋЕ  $P$ (%)

$I$ (mm/min)	$T_k$ (min)	$P$ (%)						
		0,1	1	2	5	10	20	50
10	10	3,086	2,494	2,313	2,064	1,867	1,650	1,307
20	20	1,951	1,577	1,462	1,305	1,180	1,043	0,826
30	30	1,456	1,177	1,091	0,974	0,881	0,778	0,617
60	60	0,860	0,695	0,645	0,575	0,520	0,460	0,364
120	120	0,498	0,402	0,373	0,333	0,301	0,266	0,211
180	180	0,360	0,291	0,270	0,241	0,218	0,192	0,152
360	360	0,205	0,166	0,154	0,137	0,124	0,110	0,087
720	720	0,117	0,094	0,087	0,078	0,071	0,062	0,049
1440	1440	0,066	0,054	0,050	0,044	0,040	0,035	0,028

Мерна станица:	Географске координате:		Надморска висина:
	$\varphi$ (°)	$\lambda$ (°)	h (mJm)
<b>Лопужње</b>	43,1	20,65	940

ОРДИНАТЕ РАСПОДЕЛЕ ВЕРОВАТНОЋА МАКСИМАЛНИХ ВИСИНА КИША  $H$ (mm) ТРАЈАЊА  $T_k$  (min) И ВЕРОВАТНОЋЕ  $P$ (%)

$H$ (mm)	$T_k$ (min)	P (%)						
		0,1	1	2	5	10	20	50
	10	55,90	32,80	27,85	22,29	18,76	15,69	12,10
	20	70,66	41,46	35,21	28,17	23,72	19,83	15,29
	30	79,11	46,42	39,42	31,54	26,55	22,20	17,12
	60	93,47	54,85	46,57	37,27	31,37	26,23	20,23
	120	108,23	63,51	53,93	43,16	36,33	30,38	23,43
	180	117,29	68,83	58,44	46,77	39,37	32,92	25,39
	360	133,88	78,56	66,71	53,38	44,94	37,58	28,98
	720	152,24	89,34	75,86	60,70	51,10	42,73	32,95
	1440	172,80	101,40	86,10	68,90	58,00	48,50	37,40

ОРДИНАТЕ РАСПОДЕЛЕ ВЕРОВАТНОЋА ИНТЕНЗИТЕТА КИША  $I$ (mm/min) ТРАЈАЊА  $T_k$  (min) И ВЕРОВАТНОЋЕ  $P$ (%)

$I$ (mm/min)	$T_k$ (min)	P (%)						
		0,1	1	2	5	10	20	50
	10	5,590	3,280	2,785	2,229	1,876	1,569	1,210
	20	3,533	2,073	1,761	1,409	1,186	0,992	0,765
	30	2,637	1,547	1,314	1,051	0,885	0,740	0,571
	60	1,558	0,914	0,776	0,621	0,523	0,437	0,337
	120	0,902	0,529	0,449	0,360	0,303	0,253	0,195
	180	0,652	0,382	0,325	0,260	0,219	0,183	0,141
	360	0,372	0,218	0,185	0,148	0,125	0,104	0,081
	720	0,211	0,124	0,105	0,084	0,071	0,059	0,046
	1440	0,120	0,070	0,060	0,048	0,040	0,034	0,026

Мерна станица:	Географске координате:		Надморска висина:
	$\varphi$ (°)	$\lambda$ (°)	h (mJm)
<b>Мелаје</b>	43,12	20,28	980

ОРДИНАТЕ РАСПОДЕЛЕ ВЕРОВАТНОЋА МАКСИМАЛНИХ ВИСИНА КИША  $H$ (mm) ТРАЈАЊА  $T_k$  (min) И ВЕРОВАТНОЋЕ  $P$ (%)

$H$ (mm)	$T_k$ (min)	$P$ (%)						
		0,1	1	2	5	10	20	50
10	10	31,35	24,78	22,81	20,15	18,08	15,88	12,45
20	20	39,62	31,32	28,83	25,47	22,86	20,08	15,74
30	30	44,36	35,07	32,28	28,52	25,59	22,48	17,63
60	60	52,41	41,43	38,13	33,70	30,24	26,56	20,83
120	120	60,69	47,98	44,16	39,02	35,01	30,75	24,11
180	180	65,77	51,99	47,85	42,29	37,94	33,33	26,13
360	360	75,07	59,35	54,62	48,27	43,31	38,04	29,83
720	720	85,37	67,49	62,11	54,89	49,25	43,26	33,92
1440	1440	96,90	76,60	70,50	62,30	55,90	49,10	38,50

ОРДИНАТЕ РАСПОДЕЛЕ ВЕРОВАТНОЋА ИНТЕНЗИТЕТА КИША  $I$ (mm/min) ТРАЈАЊА  $T_k$  (min) И ВЕРОВАТНОЋЕ  $P$ (%)

$I$ (mm/min)	$T_k$ (min)	$P$ (%)						
		0,1	1	2	5	10	20	50
10	10	3,135	2,478	2,281	2,015	1,808	1,588	1,245
20	20	1,981	1,566	1,442	1,274	1,143	1,004	0,787
30	30	1,479	1,169	1,076	0,951	0,853	0,749	0,588
60	60	0,874	0,691	0,636	0,562	0,504	0,443	0,347
120	120	0,506	0,400	0,368	0,325	0,292	0,256	0,201
180	180	0,365	0,289	0,266	0,235	0,211	0,185	0,145
360	360	0,209	0,165	0,152	0,134	0,120	0,106	0,083
720	720	0,119	0,094	0,086	0,076	0,068	0,060	0,047
1440	1440	0,067	0,053	0,049	0,043	0,039	0,034	0,027

Мерна станица:	Географске координате:		Надморска висина:
	$\varphi$ (°)	$\lambda$ (°)	h (mJm)
<b>Нови Пазар</b>	43,13	20,52	545

ОРДИНАТЕ РАСПОДЕЛЕ ВЕРОВАТНОЋА МАКСИМАЛНИХ ВИСИНА КИША  $H$ (mm) ТРАЈАЊА  $T_k$  (min) И ВЕРОВАТНОЋЕ  $P$ (%)

$H$ (mm)	$T_k$ (min)	$P$ (%)						
		0,1	1	2	5	10	20	50
10	10	29,99	23,45	21,48	18,83	16,76	14,65	11,42
20	20	37,90	29,64	27,15	23,80	21,18	18,52	14,43
30	30	42,44	33,19	30,40	26,64	23,71	20,74	16,16
60	60	50,14	39,22	35,92	31,48	28,02	24,50	19,09
120	120	58,06	45,41	41,59	36,45	32,44	28,37	22,11
180	180	62,92	49,21	45,07	39,51	35,16	30,75	23,96
360	360	71,82	56,17	51,44	45,09	40,13	35,10	27,35
720	720	81,67	63,88	58,50	51,28	45,64	39,91	31,10
1440	1440	92,70	72,50	66,40	58,20	51,80	45,30	35,30

ОРДИНАТЕ РАСПОДЕЛЕ ВЕРОВАТНОЋА ИНТЕНЗИТЕТА КИША  $I$ (mm/min) ТРАЈАЊА  $T_k$  (min) И ВЕРОВАТНОЋЕ  $P$ (%)

$I$ (mm/min)	$T_k$ (min)	$P$ (%)						
		0,1	1	2	5	10	20	50
10	10	2,999	2,345	2,148	1,883	1,676	1,465	1,142
20	20	1,895	1,482	1,358	1,190	1,059	0,926	0,722
30	30	1,415	1,106	1,013	0,888	0,790	0,691	0,539
60	60	0,836	0,654	0,599	0,525	0,467	0,408	0,318
120	120	0,484	0,378	0,347	0,304	0,270	0,236	0,184
180	180	0,350	0,273	0,250	0,220	0,195	0,171	0,133
360	360	0,200	0,156	0,143	0,125	0,111	0,098	0,076
720	720	0,113	0,089	0,081	0,071	0,063	0,055	0,043
1440	1440	0,064	0,050	0,046	0,040	0,036	0,031	0,025

Мерна станица:	Географске координате:		Надморска висина:
	$\varphi$ (°)	$\lambda$ (°)	h (mJm)
<b>Окоце</b>	43,2	20,37	1070

ОРДИНАТЕ РАСПОДЕЛЕ ВЕРОВАТНОЋА МАКСИМАЛНИХ ВИСИНА КИША  $H$ (mm) ТРАЈАЊА  $T_k$  (min) И ВЕРОВАТНОЋЕ  $P$ (%)

$H$ (mm)	$T_k$ (min)	$P$ (%)						
		0,1	1	2	5	10	20	50
10	10	33,42	25,85	23,55	20,51	18,15	15,69	11,97
20	20	42,24	32,67	29,77	25,92	22,94	19,83	15,13
30	30	47,29	36,58	33,33	29,02	25,68	22,20	16,94
60	60	55,88	43,22	39,38	34,29	30,35	26,23	20,01
120	120	64,70	50,04	45,60	39,71	35,14	30,38	23,17
180	180	70,12	54,23	49,42	43,04	38,08	32,92	25,12
360	360	80,03	61,90	56,40	49,12	43,46	37,58	28,67
720	720	91,01	70,39	64,14	55,86	49,43	42,73	32,60
1440	1440	103,30	79,90	72,80	63,40	56,10	48,50	37,00

ОРДИНАТЕ РАСПОДЕЛЕ ВЕРОВАТНОЋА ИНТЕНЗИТЕТА КИША  $I$ (mm/min) ТРАЈАЊА  $T_k$  (min) И ВЕРОВАТНОЋЕ  $P$ (%)

$I$ (mm/min)	$T_k$ (min)	$P$ (%)						
		0,1	1	2	5	10	20	50
10	10	3,342	2,585	2,355	2,051	1,815	1,569	1,197
20	20	2,112	1,634	1,489	1,296	1,147	0,992	0,757
30	30	1,576	1,219	1,111	0,967	0,856	0,740	0,565
60	60	0,931	0,720	0,656	0,572	0,506	0,437	0,334
120	120	0,539	0,417	0,380	0,331	0,293	0,253	0,193
180	180	0,390	0,301	0,275	0,239	0,212	0,183	0,140
360	360	0,222	0,172	0,157	0,136	0,121	0,104	0,080
720	720	0,126	0,098	0,089	0,078	0,069	0,059	0,045
1440	1440	0,072	0,055	0,051	0,044	0,039	0,034	0,026

Мерна станица:	Географске координате:		Надморска висина:
	$\varphi$ (°)	$\lambda$ (°)	h (mJm)
<b>Прибој-село</b>	43,4	20,7	430

ОРДИНАТЕ РАСПОДЕЛЕ ВЕРОВАТНОЋА МАКСИМАЛНИХ ВИСИНА КИША  $H$ (mm) ТРАЈАЊА  $T_k$  (min) И ВЕРОВАТНОЋЕ  $P$ (%)

$H$ (mm)	$T_k$ (min)	P (%)						
		0,1	1	2	5	10	20	50
<b>10</b>	10	88,80	41,76	33,13	24,26	19,05	14,82	10,35
	20	112,24	52,79	41,87	30,67	24,08	18,73	13,08
	30	125,67	59,10	46,88	34,34	26,96	20,97	14,65
	60	148,48	69,83	55,39	40,57	31,86	24,77	17,31
	120	171,93	80,86	64,14	46,98	36,89	28,69	20,04
	180	186,33	87,63	69,51	50,91	39,98	31,09	21,72
	360	212,67	100,02	79,34	58,11	45,63	35,48	24,79
	720	241,84	113,74	90,22	66,08	51,89	40,35	28,19
	1440	274,50	129,10	102,40	75,00	58,90	45,80	32,00

ОРДИНАТЕ РАСПОДЕЛЕ ВЕРОВАТНОЋА ИНТЕНЗИТЕТА КИША  $I$ (mm/min) ТРАЈАЊА  $T_k$  (min) И ВЕРОВАТНОЋЕ  $P$ (%)

$I$ (mm/min)	$T_k$ (min)	P (%)						
		0,1	1	2	5	10	20	50
<b>10</b>	10	8,880	4,176	3,313	2,426	1,905	1,482	1,035
	20	5,612	2,640	2,094	1,534	1,204	0,937	0,654
	30	4,189	1,970	1,563	1,145	0,899	0,699	0,488
	60	2,475	1,164	0,923	0,676	0,531	0,413	0,289
	120	1,433	0,674	0,535	0,392	0,307	0,239	0,167
	180	1,035	0,487	0,386	0,283	0,222	0,173	0,121
	360	0,591	0,278	0,220	0,161	0,127	0,099	0,069
	720	0,336	0,158	0,125	0,092	0,072	0,056	0,039
	1440	0,191	0,090	0,071	0,052	0,041	0,032	0,022

Мерна станица:	Географске координате:		Надморска висина:
	$\varphi$ (°)	$\lambda$ (°)	h (mJm)
<b>Студеница</b>	43,48	20,53	465

ОРДИНАТЕ РАСПОДЕЛЕ ВЕРОВАТНОЋА МАКСИМАЛНИХ ВИСИНА КИША  $H$ (mm) ТРАЈАЊА  $T_k$  (min) И ВЕРОВАТНОЋЕ  $P$ (%)

$H$ (mm)	$T_k$ (min)	$P$ (%)						
		0,1	1	2	5	10	20	50
$H$ (mm)	10	41,47	28,11	24,72	20,61	17,73	14,95	11,23
	20	52,42	35,53	31,24	26,05	22,41	18,89	14,19
	30	58,69	39,78	34,98	29,16	25,09	21,15	15,89
	60	69,35	47,01	41,33	34,46	29,64	24,99	18,77
	120	80,30	54,43	47,85	39,90	34,32	28,94	21,73
	180	87,02	58,99	51,86	43,24	37,20	31,36	23,55
	360	99,32	67,33	59,19	49,35	42,46	35,79	26,88
	720	112,95	76,56	67,31	56,12	48,28	40,70	30,57
	1440	128,20	86,90	76,40	63,70	54,80	46,20	34,70

ОРДИНАТЕ РАСПОДЕЛЕ ВЕРОВАТНОЋА ИНТЕНЗИТЕТА КИША  $I$ (mm/min) ТРАЈАЊА  $T_k$  (min) И ВЕРОВАТНОЋЕ  $P$ (%)

$I$ (mm/min)	$T_k$ (min)	$P$ (%)						
		0,1	1	2	5	10	20	50
$I$ (mm/min)	10	4,147	2,811	2,472	2,061	1,773	1,495	1,123
	20	2,621	1,777	1,562	1,303	1,121	0,945	0,710
	30	1,956	1,326	1,166	0,972	0,836	0,705	0,530
	60	1,156	0,784	0,689	0,574	0,494	0,417	0,313
	120	0,669	0,454	0,399	0,333	0,286	0,241	0,181
	180	0,483	0,328	0,288	0,240	0,207	0,174	0,131
	360	0,276	0,187	0,164	0,137	0,118	0,099	0,075
	720	0,157	0,106	0,093	0,078	0,067	0,057	0,042
	1440	0,089	0,060	0,053	0,044	0,038	0,032	0,024

Мерна станица:	Географске координате:		Надморска висина:
	$\varphi$ (°)	$\lambda$ (°)	h (mJm)
<b>Тутин</b>	42,98	20,35	850

ОРДИНАТЕ РАСПОДЕЛЕ ВЕРОВАТНОЋА МАКСИМАЛНИХ ВИСИНА КИША  $H$ (mm) ТРАЈАЊА  $T_k$  (min) И ВЕРОВАТНОЋЕ  $P$ (%)

$H$ (mm)	$T_k$ (min)	$P$ (%)						
		0,1	1	2	5	10	20	50
10	10	31,61	24,62	22,45	19,41	16,95	14,27	9,83
20	20	39,95	31,12	28,38	24,53	21,43	18,03	12,43
30	30	44,73	34,84	31,77	27,47	23,99	20,19	13,92
60	60	52,85	41,16	37,54	32,46	28,34	23,85	16,44
120	120	61,19	47,66	43,47	37,58	32,82	27,62	19,04
180	180	66,32	51,66	47,11	40,73	35,57	29,93	20,64
360	360	75,69	58,96	53,77	46,49	40,60	34,17	23,55
720	720	86,08	67,05	61,14	52,86	46,17	38,85	26,78
1440	1440	97,70	76,10	69,40	60,00	52,40	44,10	30,40

ОРДИНАТЕ РАСПОДЕЛЕ ВЕРОВАТНОЋА ИНТЕНЗИТЕТА КИША  $I$ (mm/min) ТРАЈАЊА  $T_k$  (min) И ВЕРОВАТНОЋЕ  $P$ (%)

$I$ (mm/min)	$T_k$ (min)	$P$ (%)						
		0,1	1	2	5	10	20	50
10	10	3,161	2,462	2,245	1,941	1,695	1,427	0,983
20	20	1,998	1,556	1,419	1,227	1,072	0,902	0,622
30	30	1,491	1,161	1,059	0,916	0,800	0,673	0,464
60	60	0,881	0,686	0,626	0,541	0,472	0,398	0,274
120	120	0,510	0,397	0,362	0,313	0,274	0,230	0,159
180	180	0,368	0,287	0,262	0,226	0,198	0,166	0,115
360	360	0,210	0,164	0,149	0,129	0,113	0,095	0,065
720	720	0,120	0,093	0,085	0,073	0,064	0,054	0,037
1440	1440	0,068	0,053	0,048	0,042	0,036	0,031	0,021



Мерна станица:	Географске координате:		Надморска висина:
	$\varphi$ (°)	$\lambda$ (°)	h (mJm)
<b>Ушће-Ибар</b>	43,47	20,63	335

ОРДИНАТЕ РАСПОДЕЛЕ ВЕРОВАТНОЋА МАКСИМАЛНИХ ВИСИНА КИША  $H$ (mm) ТРАЈАЊА  $T_k$  (min) И ВЕРОВАТНОЋЕ  $P$ (%)

$H$ (mm)	$T_k$ (min)	P (%)						
		0,1	1	2	5	10	20	50
10	10	39,53	26,53	23,26	19,28	16,50	13,85	10,25
20	20	49,97	33,53	29,40	24,37	20,85	17,50	12,96
30	30	55,94	37,54	32,92	27,29	23,35	19,59	14,51
60	60	66,10	44,36	38,89	32,24	27,59	23,15	17,15
120	120	76,54	51,36	45,03	37,33	31,94	26,81	19,86
180	180	82,95	55,66	48,80	40,46	34,62	29,05	21,52
360	360	94,68	63,53	55,71	46,18	39,51	33,16	24,56
720	720	107,66	72,24	63,35	52,51	44,93	37,71	27,93
1440	1440	122,20	82,00	71,90	59,60	51,00	42,80	31,70

ОРДИНАТЕ РАСПОДЕЛЕ ВЕРОВАТНОЋА ИНТЕНЗИТЕТА КИША  $I$ (mm/min) ТРАЈАЊА  $T_k$  (min) И ВЕРОВАТНОЋЕ  $P$ (%)

$I$ (mm/min)	$T_k$ (min)	P (%)						
		0,1	1	2	5	10	20	50
10	10	3,953	2,653	2,326	1,928	1,650	1,385	1,025
20	20	2,499	1,677	1,470	1,219	1,043	0,875	0,648
30	30	1,865	1,251	1,097	0,910	0,778	0,653	0,484
60	60	1,102	0,739	0,648	0,537	0,460	0,386	0,286
120	120	0,638	0,428	0,375	0,311	0,266	0,223	0,166
180	180	0,461	0,309	0,271	0,225	0,192	0,161	0,120
360	360	0,263	0,176	0,155	0,128	0,110	0,092	0,068
720	720	0,150	0,100	0,088	0,073	0,062	0,052	0,039
1440	1440	0,085	0,057	0,050	0,041	0,035	0,030	0,022

Мерна станица:	Географске координате:		Надморска висина:
	$\varphi$ (°)	$\lambda$ (°)	h (mJm)
<b>Врановина</b>	43,25	20,45	700

ОРДИНАТЕ РАСПОДЕЛЕ ВЕРОВАТНОЋА МАКСИМАЛНИХ ВИСИНА КИША  $H$ (mm) ТРАЈАЊА  $T_k$  (min) И ВЕРОВАТНОЋЕ  $P$ (%)

$H$ (mm)	$T_k$ (min)	P (%)						
		0,1	1	2	5	10	20	50
$H$ (mm)	10	51,99	29,50	24,78	19,57	16,27	13,43	10,16
	20	65,71	37,29	31,32	24,74	20,57	16,97	12,84
	30	73,57	41,75	35,07	27,70	23,03	19,00	14,38
	60	86,93	49,33	41,43	32,73	27,21	22,45	16,98
	120	100,65	57,12	47,98	37,89	31,51	25,99	19,67
	180	109,08	61,91	51,99	41,07	34,14	28,17	21,31
	360	124,50	70,66	59,35	46,87	38,97	32,15	24,33
	720	141,58	80,35	67,49	53,30	44,32	36,56	27,66
	1440	160,70	91,20	76,60	60,50	50,30	41,50	31,40

ОРДИНАТЕ РАСПОДЕЛЕ ВЕРОВАТНОЋА ИНТЕНЗИТЕТА КИША  $I$ (mm/min) ТРАЈАЊА  $T_k$  (min) И ВЕРОВАТНОЋЕ  $P$ (%)

$I$ (mm/min)	$T_k$ (min)	P (%)						
		0,1	1	2	5	10	20	50
$I$ (mm/min)	10	5,199	2,950	2,478	1,957	1,627	1,343	1,016
	20	3,286	1,865	1,566	1,237	1,029	0,849	0,642
	30	2,452	1,392	1,169	0,923	0,768	0,633	0,479
	60	1,449	0,822	0,691	0,546	0,454	0,374	0,283
	120	0,839	0,476	0,400	0,316	0,263	0,217	0,164
	180	0,606	0,344	0,289	0,228	0,190	0,157	0,118
	360	0,346	0,196	0,165	0,130	0,108	0,089	0,068
	720	0,197	0,112	0,094	0,074	0,062	0,051	0,038
	1440	0,112	0,063	0,053	0,042	0,035	0,029	0,022

**Прилог 3: Табеле за одређивање CN броја према методи SCS-CN**

Табела: Хидролошке класе земљишта за различите типове земљишта

Тип земљишта	Хидролошка класа
<b>I Земљишта у равницама и на брежуљкастим теренима</b>	
1. Чернозем карбонатни, панонски	<b>B</b>
2. Чернозем ливадски и забарени	<b>C</b>
3. Чернозем и ливадски чернозем	<b>B</b>
4. Чернозем песковит	<b>B</b>
5. Чернозем огајњачен	<b>B</b>
6. Слатине и слатинаста земљишта (солонец, солончак, солоћ)	<b>C</b>
7. Гајњаче	<b>B</b>
8. Гајњаче, лесивирани гајњаче и смеђа карбонатна земљишта	<b>B</b>
9. Гајњаче са пегама слатина и водоника црница	<b>C</b>
10. Црвеница на једрим кречњацима	<b>C</b>
11. Црвеница на терцијарним седиментима	<b>B</b>
12. Параподзол и параподзоласта земљишта	<b>C</b>
13. Подзоласто, бујадично-вриштинско земљиште, смеђа земљишта на кречњаку, црвенице	<b>B</b>
14. Параподзоласта и неразвијена земљишта на флишу и лапорцу	<b>B</b>
15. Неразвијена земљишта на флишу и лапорцу	<b>B</b>
16. Алохтона смеђа земљишта	<b>B</b>
17. Смонице и метаморфисане смонице	<b>D</b>
18. Смонице, гајњача и црвеница	<b>C</b>
19. Хидрогене (ритске) црнице	<b>D</b>
20. Хидрогене црнице и друга мочварна земљишта	<b>D</b>
21. Ливадска и мочварна земљишта	<b>D</b>
22. Тресетна и полутресетна земљишта	<b>D</b>
23. Рецентни алувијални нанос	<b>B</b>
24. Делувијални нанос	<b>B</b>
25. Песак	<b>A</b>
26. Шљунак, конгломерати	<b>A</b>
<b>II Земљишта брдских и планинских предела</b>	
<b>A. На једрим кречњацима и доломитима</b>	
27. Рендзине	<b>B</b>
28. Смеђа земљишта	<b>B</b>
29. Рендзине, црвенице и смеђа земљишта	<b>B</b>
30. Рендзине и смеђа земљишта	<b>B</b>
31. Голи карст са пегама црвенице и рендзина	<b>A</b>
<b>B. На силикатним стенама (пешчари, кварцити, гнајсеви, гранити, филити, глиници)</b>	
32. Хумусно-силикатна земљишта	<b>B</b>
33. Хумусно-силикатна земљишта, смеђа и параподзоласта земљишта на серпентинима	<b>C</b>
34. Кисела, смеђа и подзоласта земљишта	<b>B</b>
35. Подзол и смеђе подзоласто земљиште	<b>B</b>

Табела: Вредности CN за просечне услове влажности за различите хидролошке групе земљишта и различите намене земљишта

**Број криве отицаја CN  
(за просечне услове влажности)**

Земљишни покривач	Техника обраде	Хидролошки услови	Хидролошка класа земљишта			
			A	B	C	D
Угар	SR	Слаби	77	86	91	94
Културе у редовима	SR	Слаби	72	81	88	91
	SR	Добри	67	78	85	89
	C	Слаби	70	79	84	88
	C	Добри	65	75	82	86
	C - T	Слаби	66	74	80	82
	C - T	Добри	62	71	78	81
житарице	SR	Слаби	65	76	84	88
	SR	Добри	63	75	83	87
	C	Слаби	63	74	82	85
	C	Добри	61	73	81	84
	C - T	Слаби	61	72	79	82
	C - T	Добри	59	70	78	81
Густо сејане легу минозе или ливаде у ротацији	SR	Слаби	66	77	85	89
	SR	Добри	58	72	81	85
	C	Слаби	64	75	83	85
	C	Добри	55	69	78	83
	C - T	Слаби	63	73	80	83
	C - T	Добри	51	67	76	80
Пашњаци		Слаби	68	79	86	89
		Средњи	49	69	79	84
		Добри	39	61	74	80
	C	Слаби	47	67	81	88
	C	Средњи	25	59	75	83
	C	Добри	6	35	70	79
Сталне (ливаде)		Добри	30	58	71	78
Шуме		Слаби	45	66	77	83
		Средњи	36	60	73	79
		Добри	25	55	70	77
Фарма			59	74	82	86
Земљани пут			72	82	87	89
Асфалт, калдрма или плочник			74	84	90	92

**Прилог 4: Вредности броја CN за снижене, просечне и повишене услове претхоне влажности земљишта на сливу**

*Бројеви кривих отицаја CN за три услова влажности*

УПОРЕДНЕ ВРЕДНОСТИ БРОЈЕВА КРИВИХ ОТИЦАЈА CN ЗА ПОДПРОСЕЧНЕ (ПВТ1), НАДПРОСЕЧНЕ (ПВТ3) И ПРОСЕЧНЕ УСЛОВЕ ПРЕТХОДНЕ ВЛАЖНОСТИ ТЛА (ПВТ2)					
CN (ПВТ2)	CN (ПВТ1)	CN (ПВТ3)	CN (ПВТ2)	CN (ПВТ1)	CN (ПВТ3)
100	100	100	54	34	73
99	97	100	53	33	72
98	94	99	52	32	71
97	91	99	51	31	70
96	89	99	50	31	70
95	87	98	49	30	69
94	85	98	48	29	67
93	83	98	47	28	67
92	81	97	46	27	66
91	80	97	45	26	65
90	78	96	44	25	64
89	76	96	43	25	63
88	75	95	42	24	62
87	73	95	41	23	61
86	72	94	40	22	60
85	70	94	39	21	59
84	68	93	38	21	58
83	67	93	37	20	57
82	66	92	36	19	56
81	64	92	35	18	55
80	63	91	34	18	54
79	62	91	33	17	53
78	60	90	32	16	52
77	59	89	31	16	51
76	58	89	30	15	50
75	57	88	29	14	49
74	55	88	28	14	47
73	54	87	27	13	46
72	53	86	26	13	44
71	52	86	25	12	43
70	51	85	24	11	42
69	50	84	23	11	41
68	48	84	22	10	39
67	47	83	21	10	38
66	46	82	20	9	37
65	45	82	19	8	36
64	44	81	18	8	34
63	43	80	17	7	33
62	42	79	16	7	31
61	41	78	15	6	30
60	40	78	14	6	28
59	39	77	13	5	27
58	38	76	12	5	25
57	37	75	11	4	24
56	36	75	10	4	22
55	35	74	9	4	20

## Прилог 5: Интензитети падавина кратког трајања за 67 путних пропуста

ITP krive za putni propust broj:

1

$t_k$ (min)	P %						
	0,1	1	2	5	10	20	50
10	3,620	2,527	2,260	1,930	1,693	1,454	1,104
20	2,288	1,598	1,429	1,220	1,070	0,919	0,698
30	1,708	1,192	1,066	0,910	0,798	0,686	0,521
60	1,009	0,704	0,630	0,538	0,472	0,405	0,308
120	0,584	0,408	0,365	0,311	0,273	0,235	0,178
180	0,422	0,295	0,264	0,225	0,197	0,170	0,129

ITP krive za putni propust broj:

2

$t_k$ (min)	P %						
	0,1	1	2	5	10	20	50
10	3,625	2,529	2,261	1,931	1,693	1,454	1,104
20	2,291	1,599	1,430	1,221	1,070	0,919	0,698
30	1,710	1,193	1,067	0,911	0,799	0,686	0,521
60	1,010	0,705	0,630	0,538	0,472	0,405	0,308
120	0,585	0,408	0,365	0,312	0,273	0,235	0,178
180	0,423	0,295	0,264	0,225	0,197	0,170	0,129

ITP krive za putni propust broj:

3

$t_k$ (min)	P %						
	0,1	1	2	5	10	20	50
10	3,630	2,531	2,263	1,932	1,694	1,455	1,104
20	2,295	1,600	1,430	1,221	1,070	0,920	0,698
30	1,712	1,194	1,067	0,911	0,799	0,686	0,521
60	1,012	0,705	0,631	0,539	0,472	0,405	0,308
120	0,585	0,409	0,365	0,312	0,273	0,235	0,178
180	0,423	0,295	0,264	0,225	0,197	0,170	0,129

ITP krive za putni propust broj:

4

$t_k$ (min)	P %						
	0,1	1	2	5	10	20	50
10	3,640	2,535	2,265	1,933	1,694	1,455	1,104
20	2,301	1,602	1,432	1,222	1,071	0,920	0,698
30	1,717	1,196	1,068	0,912	0,799	0,686	0,521
60	1,015	0,706	0,631	0,539	0,472	0,405	0,308
120	0,587	0,409	0,366	0,312	0,273	0,235	0,178
180	0,424	0,296	0,264	0,225	0,197	0,170	0,129

ITP krive za putni propust broj:

5

$t_k$ (min)	P %						
	0,1	1	2	5	10	20	50
10	3,686	2,552	2,277	1,939	1,698	1,457	1,105
20	2,330	1,613	1,439	1,226	1,073	0,921	0,699
30	1,739	1,204	1,074	0,915	0,801	0,687	0,522
60	1,028	0,711	0,635	0,541	0,473	0,406	0,308
120	0,595	0,412	0,368	0,313	0,274	0,235	0,178
180	0,430	0,298	0,266	0,226	0,198	0,170	0,129

ITP krive za putni propust broj:

6

$t_k$ (min)	P %						
	0,1	1	2	5	10	20	50
10	3,695	2,555	2,279	1,941	1,699	1,457	1,105
20	2,335	1,615	1,441	1,227	1,074	0,921	0,699
30	1,743	1,205	1,075	0,915	0,801	0,687	0,522
60	1,030	0,712	0,635	0,541	0,474	0,406	0,308
120	0,596	0,412	0,368	0,313	0,274	0,235	0,178
180	0,431	0,298	0,266	0,226	0,198	0,170	0,129

ITP krive za putni propust broj:

7

$t_k$ (min)	P %						
	0,1	1	2	5	10	20	50
10	3,712	2,562	2,284	1,943	1,700	1,458	1,106
20	2,346	1,619	1,444	1,228	1,074	0,921	0,699
30	1,751	1,208	1,077	0,916	0,802	0,687	0,522
60	1,035	0,714	0,637	0,542	0,474	0,406	0,308
120	0,599	0,414	0,369	0,314	0,274	0,235	0,178
180	0,433	0,299	0,266	0,227	0,198	0,170	0,129

ITP krive za putni propust broj:

8

$t_k$ (min)	P %						
	0,1	1	2	5	10	20	50
10	3,761	2,579	2,295	1,948	1,702	1,458	1,106
20	2,377	1,630	1,451	1,232	1,076	0,922	0,699
30	1,774	1,217	1,083	0,919	0,803	0,688	0,522
60	1,048	0,719	0,640	0,543	0,475	0,406	0,308
120	0,607	0,416	0,370	0,314	0,274	0,235	0,178
180	0,438	0,301	0,268	0,227	0,198	0,170	0,129

ITP krive za putni propust broj: **9**

$t_k$ (min)	P %						
	0,1	1	2	5	10	20	50
10	3,768	2,582	2,297	1,949	1,702	1,458	1,106
20	2,382	1,632	1,452	1,232	1,076	0,922	0,699
30	1,778	1,218	1,083	0,919	0,803	0,688	0,522
60	1,050	0,720	0,640	0,544	0,475	0,406	0,308
120	0,608	0,417	0,371	0,315	0,275	0,235	0,178
180	0,439	0,301	0,268	0,227	0,198	0,170	0,129

ITP krive za putni propust broj: **10**

$t_k$ (min)	P %						
	0,1	1	2	5	10	20	50
10	3,792	2,590	2,302	1,952	1,704	1,458	1,107
20	2,397	1,637	1,455	1,234	1,077	0,922	0,700
30	1,789	1,222	1,086	0,921	0,804	0,688	0,522
60	1,057	0,722	0,642	0,544	0,475	0,406	0,308
120	0,612	0,418	0,372	0,315	0,275	0,235	0,178
180	0,442	0,302	0,269	0,228	0,199	0,170	0,129

ITP krive za putni propust broj: **11**

$t_k$ (min)	P %						
	0,1	1	2	5	10	20	50
10	3,814	2,598	2,308	1,955	1,705	1,459	1,107
20	2,411	1,643	1,459	1,236	1,078	0,923	0,700
30	1,799	1,226	1,089	0,922	0,804	0,688	0,523
60	1,063	0,724	0,643	0,545	0,475	0,407	0,309
120	0,615	0,419	0,373	0,316	0,275	0,235	0,179
180	0,445	0,303	0,269	0,228	0,199	0,170	0,129

ITP krive za putni propust broj: **12**

$t_k$ (min)	P %						
	0,1	1	2	5	10	20	50
10	3,825	2,603	2,311	1,956	1,706	1,460	1,107
20	2,418	1,645	1,461	1,237	1,078	0,923	0,700
30	1,805	1,228	1,090	0,923	0,805	0,688	0,523
60	1,066	0,725	0,644	0,546	0,476	0,407	0,309
120	0,617	0,420	0,373	0,316	0,275	0,235	0,179
180	0,446	0,304	0,270	0,228	0,199	0,170	0,129

ITP krive za putni propust broj: **13**

$t_k$ (min)	P %						
	0,1	1	2	5	10	20	50
10	3,843	2,609	2,315	1,959	1,707	1,460	1,108
20	2,429	1,649	1,463	1,238	1,079	0,923	0,700
30	1,813	1,231	1,092	0,924	0,805	0,688	0,523
60	1,071	0,727	0,645	0,546	0,476	0,407	0,309
120	0,620	0,421	0,374	0,316	0,275	0,235	0,179
180	0,448	0,304	0,270	0,228	0,199	0,170	0,129

ITP krive za putni propust broj: **14**

$t_k$ (min)	P %						
	0,1	1	2	5	10	20	50
10	3,870	2,619	2,321	1,962	1,709	1,460	1,108
20	2,446	1,655	1,467	1,240	1,080	0,923	0,701
30	1,826	1,235	1,095	0,925	0,806	0,689	0,523
60	1,079	0,730	0,647	0,547	0,476	0,407	0,309
120	0,624	0,423	0,375	0,317	0,276	0,236	0,179
180	0,451	0,305	0,271	0,229	0,199	0,170	0,129

ITP krive za putni propust broj: **15**

$t_k$ (min)	P %						
	0,1	1	2	5	10	20	50
10	3,883	2,623	2,325	1,964	1,709	1,461	1,108
20	2,455	1,658	1,469	1,241	1,081	0,923	0,701
30	1,832	1,237	1,097	0,926	0,806	0,689	0,523
60	1,082	0,731	0,648	0,548	0,477	0,407	0,309
120	0,626	0,423	0,375	0,317	0,276	0,236	0,179
180	0,453	0,306	0,271	0,229	0,199	0,170	0,129

ITP krive za putni propust broj: **16**

$t_k$ (min)	P %						
	0,1	1	2	5	10	20	50
10	3,900	2,630	2,329	1,966	1,710	1,461	1,109
20	2,465	1,662	1,472	1,243	1,081	0,924	0,701
30	1,840	1,240	1,098	0,927	0,807	0,689	0,523
60	1,087	0,733	0,649	0,548	0,477	0,407	0,309
120	0,629	0,424	0,376	0,317	0,276	0,236	0,179
180	0,455	0,307	0,272	0,229	0,199	0,170	0,129

ITP krive za putni propust broj:

17

$t_k$ (min)	P %						
	0,1	1	2	5	10	20	50
10	3,923	2,635	2,335	1,969	1,712	1,462	1,109
20	2,480	1,668	1,476	1,245	1,082	0,924	0,701
30	1,851	1,244	1,101	0,929	0,808	0,689	0,524
60	1,094	0,735	0,651	0,549	0,477	0,407	0,309
120	0,633	0,426	0,377	0,318	0,276	0,236	0,179
180	0,457	0,308	0,272	0,230	0,200	0,171	0,129

ITP krive za putni propust broj:

18

$t_k$ (min)	P %						
	0,1	1	2	5	10	20	50
10	3,948	2,647	2,340	1,972	1,713	1,462	1,110
20	2,495	1,673	1,479	1,246	1,083	0,925	0,702
30	1,862	1,249	1,104	0,930	0,808	0,690	0,524
60	1,100	0,738	0,652	0,550	0,478	0,407	0,309
120	0,637	0,427	0,378	0,318	0,276	0,236	0,179
180	0,460	0,309	0,273	0,230	0,200	0,171	0,129

ITP krive za putni propust broj:

19

$t_k$ (min)	P %						
	0,1	1	2	5	10	20	50
10	3,971	2,655	2,346	1,974	1,714	1,463	1,110
20	2,510	1,679	1,483	1,248	1,084	0,925	0,702
30	1,873	1,253	1,107	0,931	0,809	0,690	0,524
60	1,107	0,740	0,654	0,550	0,478	0,407	0,309
120	0,641	0,429	0,379	0,319	0,277	0,236	0,179
180	0,463	0,310	0,274	0,230	0,200	0,171	0,129

ITP krive za putni propust broj:

20

$t_k$ (min)	P %						
	0,1	1	2	5	10	20	50
10	4,028	2,676	2,359	1,981	1,717	1,463	1,111
20	2,546	1,691	1,491	1,252	1,086	0,925	0,702
30	1,900	1,262	1,113	0,934	0,810	0,690	0,524
60	1,123	0,746	0,658	0,552	0,479	0,408	0,310
120	0,650	0,432	0,381	0,320	0,277	0,236	0,179
180	0,470	0,312	0,275	0,231	0,200	0,171	0,130

ITP krive za putni propust broj:

21

$t_k$ (min)	P %						
	0,1	1	2	5	10	20	50
10	4,050	2,684	2,365	1,984	1,719	1,464	1,112
20	2,560	1,697	1,495	1,254	1,087	0,926	0,703
30	1,911	1,266	1,116	0,936	0,811	0,691	0,525
60	1,129	0,748	0,659	0,553	0,479	0,408	0,310
120	0,653	0,433	0,382	0,320	0,277	0,236	0,179
180	0,472	0,313	0,276	0,231	0,200	0,171	0,130

ITP krive za putni propust broj:

22

$t_k$ (min)	P %						
	0,1	1	2	5	10	20	50
10	4,053	2,686	2,366	1,985	1,719	1,465	1,112
20	2,562	1,698	1,496	1,255	1,087	0,926	0,703
30	1,912	1,267	1,116	0,936	0,811	0,691	0,525
60	1,130	0,749	0,660	0,553	0,479	0,408	0,310
120	0,654	0,433	0,382	0,320	0,277	0,236	0,179
180	0,473	0,313	0,276	0,231	0,201	0,171	0,130

ITP krive za putni propust broj:

23

$t_k$ (min)	P %						
	0,1	1	2	5	10	20	50
10	4,066	2,691	2,370	1,986	1,720	1,465	1,113
20	2,570	1,701	1,498	1,256	1,088	0,926	0,704
30	1,918	1,269	1,118	0,937	0,812	0,691	0,525
60	1,133	0,750	0,661	0,554	0,480	0,408	0,310
120	0,656	0,434	0,382	0,321	0,278	0,236	0,180
180	0,474	0,314	0,276	0,232	0,201	0,171	0,130

ITP krive za putni propust broj:

24

$t_k$ (min)	P %						
	0,1	1	2	5	10	20	50
10	4,076	2,695	2,372	1,988	1,721	1,466	1,113
20	2,576	1,703	1,500	1,257	1,088	0,927	0,704
30	1,923	1,271	1,119	0,938	0,812	0,691	0,526
60	1,136	0,751	0,661	0,554	0,480	0,408	0,310
120	0,658	0,435	0,383	0,321	0,278	0,236	0,180
180	0,475	0,314	0,277	0,232	0,201	0,171	0,130



ITP krive za putni propust broj:

**25**

$t_k$ (min)	P %						
	0,1	1	2	5	10	20	50
10	4,095	2,702	2,378	1,991	1,723	1,467	1,115
20	2,588	1,708	1,503	1,259	1,089	0,927	0,705
30	1,932	1,275	1,122	0,939	0,813	0,692	0,526
60	1,141	0,753	0,663	0,555	0,480	0,409	0,311
120	0,661	0,436	0,384	0,321	0,278	0,237	0,180
180	0,477	0,315	0,277	0,232	0,201	0,171	0,130

ITP krive za putni propust broj:

**26**

$t_k$ (min)	P %						
	0,1	1	2	5	10	20	50
10	4,102	2,705	2,380	1,992	1,723	1,467	1,115
20	2,593	1,710	1,504	1,259	1,089	0,927	0,705
30	1,935	1,276	1,123	0,940	0,813	0,692	0,526
60	1,143	0,754	0,663	0,555	0,480	0,409	0,311
120	0,662	0,437	0,384	0,322	0,278	0,237	0,180
180	0,478	0,315	0,278	0,232	0,201	0,171	0,130

ITP krive za putni propust broj:

**27**

$t_k$ (min)	P %						
	0,1	1	2	5	10	20	50
10	4,105	2,706	2,380	1,992	1,723	1,467	1,115
20	2,595	1,711	1,505	1,259	1,089	0,927	0,705
30	1,937	1,277	1,123	0,940	0,813	0,692	0,526
60	1,144	0,754	0,664	0,555	0,480	0,409	0,311
120	0,662	0,437	0,384	0,322	0,278	0,237	0,180
180	0,479	0,315	0,278	0,232	0,201	0,171	0,130

ITP krive za putni propust broj:

**28**

$t_k$ (min)	P %						
	0,1	1	2	5	10	20	50
10	4,113	2,711	2,384	1,994	1,725	1,468	1,117
20	2,600	1,713	1,507	1,261	1,090	0,928	0,706
30	1,940	1,279	1,124	0,941	0,814	0,692	0,527
60	1,147	0,755	0,664	0,556	0,481	0,409	0,311
120	0,664	0,437	0,385	0,322	0,278	0,237	0,180
180	0,480	0,316	0,278	0,233	0,201	0,171	0,130

ITP krive za putni propust broj:

**29**

$t_k$ (min)	P %						
	0,1	1	2	5	10	20	50
10	4,115	2,712	2,385	1,995	1,726	1,469	1,118
20	2,601	1,714	1,507	1,261	1,091	0,928	0,706
30	1,941	1,279	1,125	0,941	0,814	0,693	0,527
60	1,147	0,756	0,665	0,556	0,481	0,409	0,311
120	0,664	0,438	0,385	0,322	0,278	0,237	0,180
180	0,480	0,316	0,278	0,233	0,201	0,171	0,130

ITP krive za putni propust broj:

**30**

$t_k$ (min)	P %						
	0,1	1	2	5	10	20	50
10	4,116	2,714	2,387	1,997	1,727	1,470	1,119
20	2,602	1,716	1,509	1,262	1,092	0,929	0,708
30	1,942	1,280	1,126	0,942	0,815	0,693	0,528
60	1,147	0,756	0,665	0,557	0,481	0,410	0,312
120	0,664	0,438	0,385	0,322	0,279	0,237	0,181
180	0,480	0,316	0,278	0,233	0,201	0,171	0,130

ITP krive za putni propust broj:

**31**

$t_k$ (min)	P %						
	0,1	1	2	5	10	20	50
10	4,113	2,714	2,387	1,998	1,728	1,471	1,121
20	2,599	1,716	1,509	1,263	1,092	0,930	0,709
30	1,940	1,280	1,126	0,942	0,815	0,694	0,529
60	1,146	0,756	0,665	0,557	0,482	0,410	0,312
120	0,664	0,438	0,385	0,322	0,279	0,237	0,181
180	0,480	0,316	0,278	0,233	0,201	0,172	0,131

ITP krive za putni propust broj:

**32**

$t_k$ (min)	P %						
	0,1	1	2	5	10	20	50
10	4,112	2,714	2,387	1,997	1,727	1,471	1,120
20	2,599	1,715	1,509	1,262	1,092	0,930	0,708
30	1,940	1,280	1,126	0,942	0,815	0,693	0,529
60	1,146	0,756	0,665	0,557	0,481	0,410	0,312
120	0,663	0,438	0,385	0,322	0,279	0,237	0,181
180	0,479	0,316	0,278	0,233	0,201	0,172	0,131

ITP krive za putni propust broj: **33**

$t_k$ (min)	P %						
	0,1	1	2	5	10	20	50
10	4,113	2,713	2,386	1,996	1,727	1,470	1,120
20	2,599	1,715	1,508	1,262	1,091	0,929	0,708
30	1,940	1,280	1,126	0,942	0,814	0,693	0,529
60	1,146	0,756	0,665	0,557	0,481	0,410	0,312
120	0,664	0,438	0,385	0,322	0,279	0,237	0,181
180	0,480	0,316	0,278	0,233	0,201	0,172	0,131

ITP krive za putni propust broj: **34**

$t_k$ (min)	P %						
	0,1	1	2	5	10	20	50
10	4,114	2,713	2,386	1,996	1,726	1,469	1,120
20	2,600	1,715	1,508	1,262	1,091	0,929	0,708
30	1,941	1,280	1,125	0,941	0,814	0,693	0,528
60	1,147	0,756	0,665	0,557	0,481	0,409	0,312
120	0,664	0,438	0,385	0,322	0,278	0,237	0,181
180	0,480	0,316	0,278	0,233	0,201	0,171	0,130

ITP krive za putni propust broj: **35**

$t_k$ (min)	P %						
	0,1	1	2	5	10	20	50
10	4,117	2,714	2,386	1,995	1,725	1,469	1,119
20	2,602	1,715	1,508	1,261	1,091	0,928	0,707
30	1,942	1,280	1,125	0,941	0,814	0,693	0,528
60	1,147	0,756	0,665	0,556	0,481	0,409	0,312
120	0,664	0,438	0,385	0,322	0,278	0,237	0,180
180	0,480	0,316	0,278	0,233	0,201	0,171	0,130

ITP krive za putni propust broj: **36**

$t_k$ (min)	P %						
	0,1	1	2	5	10	20	50
10	4,120	2,714	2,385	1,995	1,724	1,468	1,118
20	2,604	1,715	1,508	1,261	1,090	0,928	0,707
30	1,943	1,280	1,125	0,941	0,813	0,692	0,528
60	1,148	0,756	0,665	0,556	0,481	0,409	0,312
120	0,665	0,438	0,385	0,322	0,278	0,237	0,180
180	0,480	0,316	0,278	0,233	0,201	0,171	0,130

ITP krive za putni propust broj: **37**

$t_k$ (min)	P %						
	0,1	1	2	5	10	20	50
10	4,124	2,714	2,385	1,993	1,723	1,466	1,117
20	2,606	1,715	1,507	1,260	1,089	0,927	0,706
30	1,945	1,280	1,125	0,940	0,813	0,691	0,527
60	1,149	0,756	0,665	0,556	0,480	0,408	0,311
120	0,665	0,438	0,385	0,322	0,278	0,236	0,180
180	0,481	0,316	0,278	0,232	0,201	0,171	0,130

ITP krive za putni propust broj: **38**

$t_k$ (min)	P %						
	0,1	1	2	5	10	20	50
10	4,131	2,714	2,384	1,991	1,720	1,463	1,115
20	2,611	1,716	1,507	1,259	1,087	0,925	0,705
30	1,949	1,280	1,124	0,939	0,811	0,690	0,526
60	1,151	0,756	0,665	0,555	0,480	0,408	0,311
120	0,667	0,438	0,385	0,321	0,278	0,236	0,180
180	0,482	0,316	0,278	0,232	0,201	0,171	0,130

ITP krive za putni propust broj: **39**

$t_k$ (min)	P %						
	0,1	1	2	5	10	20	50
10	4,125	2,713	2,383	1,991	1,720	1,463	1,115
20	2,607	1,715	1,506	1,258	1,087	0,925	0,705
30	1,946	1,280	1,124	0,939	0,811	0,690	0,526
60	1,150	0,756	0,664	0,555	0,480	0,408	0,311
120	0,666	0,438	0,385	0,321	0,278	0,236	0,180
180	0,481	0,316	0,278	0,232	0,201	0,171	0,130

ITP krive za putni propust broj: **40**

$t_k$ (min)	P %						
	0,1	1	2	5	10	20	50
10	4,124	2,712	2,382	1,991	1,720	1,463	1,115
20	2,606	1,714	1,506	1,258	1,087	0,925	0,705
30	1,945	1,279	1,124	0,939	0,811	0,690	0,526
60	1,149	0,756	0,664	0,555	0,479	0,408	0,311
120	0,665	0,438	0,385	0,321	0,278	0,236	0,180
180	0,481	0,316	0,278	0,232	0,201	0,171	0,130

ITP krive za putni propust broj: **41**

$t_k$ (min)	P %						
	0,1	1	2	5	10	20	50
10	4,110	2,708	2,380	1,990	1,720	1,464	1,116
20	2,597	1,712	1,505	1,258	1,087	0,925	0,706
30	1,939	1,277	1,123	0,938	0,811	0,690	0,527
60	1,145	0,755	0,664	0,555	0,479	0,408	0,311
120	0,663	0,437	0,384	0,321	0,277	0,236	0,180
180	0,479	0,316	0,278	0,232	0,201	0,171	0,130

ITP krive za putni propust broj: **42**

$t_k$ (min)	P %						
	0,1	1	2	5	10	20	50
10	4,103	2,706	2,379	1,989	1,719	1,464	1,117
20	2,593	1,711	1,504	1,257	1,087	0,925	0,706
30	1,935	1,277	1,122	0,938	0,811	0,690	0,527
60	1,144	0,754	0,663	0,555	0,479	0,408	0,311
120	0,662	0,437	0,384	0,321	0,277	0,236	0,180
180	0,478	0,315	0,277	0,232	0,201	0,171	0,130

ITP krive za putni propust broj: **43**

$t_k$ (min)	P %						
	0,1	1	2	5	10	20	50
10	4,073	2,698	2,374	1,987	1,719	1,465	1,118
20	2,574	1,705	1,501	1,256	1,087	0,926	0,707
30	1,921	1,272	1,120	0,937	0,811	0,691	0,528
60	1,135	0,752	0,662	0,554	0,479	0,408	0,312
120	0,657	0,435	0,383	0,321	0,277	0,236	0,180
180	0,475	0,314	0,277	0,232	0,200	0,171	0,130

ITP krive za putni propust broj: **44**

$t_k$ (min)	P %						
	0,1	1	2	5	10	20	50
10	4,067	2,696	2,373	1,987	1,720	1,465	1,119
20	2,570	1,704	1,500	1,256	1,087	0,926	0,707
30	1,918	1,272	1,119	0,937	0,811	0,691	0,528
60	1,133	0,751	0,662	0,554	0,479	0,408	0,312
120	0,656	0,435	0,383	0,321	0,277	0,236	0,180
180	0,474	0,314	0,277	0,232	0,201	0,171	0,130

ITP krive za putni propust broj: **45**

$t_k$ (min)	P %						
	0,1	1	2	5	10	20	50
10	4,053	2,692	2,371	1,987	1,720	1,466	1,120
20	2,561	1,702	1,499	1,256	1,087	0,927	0,708
30	1,912	1,270	1,118	0,937	0,811	0,691	0,528
60	1,130	0,750	0,661	0,554	0,480	0,408	0,312
120	0,654	0,434	0,383	0,321	0,278	0,236	0,181
180	0,473	0,314	0,276	0,232	0,201	0,171	0,130

ITP krive za putni propust broj: **46**

$t_k$ (min)	P %						
	0,1	1	2	5	10	20	50
10	4,007	2,680	2,364	1,985	1,721	1,469	1,123
20	2,533	1,694	1,494	1,255	1,088	0,928	0,710
30	1,890	1,264	1,115	0,936	0,812	0,693	0,530
60	1,117	0,747	0,659	0,554	0,480	0,409	0,313
120	0,647	0,432	0,382	0,320	0,278	0,237	0,181
180	0,467	0,312	0,276	0,232	0,201	0,171	0,131

ITP krive za putni propust broj: **47**

$t_k$ (min)	P %						
	0,1	1	2	5	10	20	50
10	3,990	2,675	2,362	1,985	1,721	1,470	1,124
20	2,521	1,691	1,493	1,254	1,088	0,929	0,711
30	1,882	1,262	1,114	0,936	0,812	0,693	0,531
60	1,112	0,746	0,658	0,553	0,480	0,409	0,313
120	0,644	0,431	0,381	0,320	0,278	0,237	0,181
180	0,465	0,312	0,275	0,232	0,201	0,171	0,131

ITP krive za putni propust broj: **48**

$t_k$ (min)	P %						
	0,1	1	2	5	10	20	50
10	3,968	2,669	2,358	1,984	1,721	1,471	1,126
20	2,508	1,687	1,491	1,254	1,088	0,930	0,712
30	1,872	1,259	1,112	0,936	0,812	0,694	0,531
60	1,106	0,744	0,657	0,553	0,480	0,410	0,314
120	0,640	0,431	0,381	0,320	0,278	0,237	0,181
180	0,463	0,311	0,275	0,231	0,201	0,172	0,131

ITP krive za putni propust broj: **49**

$t_k$ (min)	P %						
	0,1	1	2	5	10	20	50
10	3,951	2,664	2,355	1,983	1,721	1,471	1,126
20	2,497	1,684	1,489	1,253	1,088	0,930	0,712
30	1,864	1,257	1,111	0,935	0,812	0,694	0,532
60	1,101	0,743	0,657	0,553	0,480	0,410	0,314
120	0,638	0,430	0,380	0,320	0,278	0,237	0,182
180	0,461	0,310	0,275	0,231	0,201	0,172	0,131

ITP krive za putni propust broj: **50**

$t_k$ (min)	P %						
	0,1	1	2	5	10	20	50
10	3,931	2,658	2,352	1,981	1,721	1,472	1,127
20	2,484	1,680	1,487	1,252	1,088	0,930	0,713
30	1,854	1,254	1,109	0,934	0,812	0,694	0,532
60	1,096	0,741	0,656	0,552	0,480	0,410	0,314
120	0,634	0,429	0,380	0,320	0,278	0,237	0,182
180	0,458	0,310	0,274	0,231	0,201	0,172	0,131

ITP krive za putni propust broj: **51**

$t_k$ (min)	P %						
	0,1	1	2	5	10	20	50
10	3,921	2,655	2,350	1,981	1,721	1,472	1,128
20	2,478	1,678	1,485	1,252	1,088	0,931	0,713
30	1,850	1,252	1,108	0,934	0,812	0,694	0,532
60	1,093	0,740	0,655	0,552	0,480	0,410	0,314
120	0,633	0,428	0,379	0,320	0,278	0,237	0,182
180	0,457	0,309	0,274	0,231	0,201	0,172	0,131

ITP krive za putni propust broj: **52**

$t_k$ (min)	P %						
	0,1	1	2	5	10	20	50
10	3,911	2,652	2,348	1,980	1,721	1,472	1,128
20	2,472	1,676	1,484	1,251	1,088	0,931	0,713
30	1,845	1,251	1,108	0,934	0,812	0,694	0,532
60	1,090	0,739	0,655	0,552	0,480	0,410	0,314
120	0,631	0,428	0,379	0,320	0,278	0,237	0,182
180	0,456	0,309	0,274	0,231	0,201	0,172	0,131

ITP krive za putni propust broj: **53**

$t_k$ (min)	P %						
	0,1	1	2	5	10	20	50
10	3,897	2,647	2,345	1,979	1,720	1,472	1,129
20	2,463	1,673	1,482	1,251	1,087	0,931	0,714
30	1,838	1,249	1,106	0,933	0,811	0,694	0,533
60	1,086	0,738	0,654	0,552	0,480	0,410	0,314
120	0,629	0,427	0,379	0,319	0,278	0,237	0,182
180	0,454	0,308	0,273	0,231	0,201	0,172	0,132

ITP krive za putni propust broj: **54**

$t_k$ (min)	P %						
	0,1	1	2	5	10	20	50
10	3,889	2,645	2,343	1,978	1,720	1,472	1,129
20	2,458	1,672	1,481	1,250	1,087	0,931	0,714
30	1,834	1,247	1,105	0,933	0,811	0,694	0,533
60	1,084	0,737	0,653	0,551	0,479	0,410	0,314
120	0,627	0,427	0,378	0,319	0,277	0,237	0,182
180	0,453	0,308	0,273	0,231	0,201	0,172	0,132

ITP krive za putni propust broj: **55**

$t_k$ (min)	P %						
	0,1	1	2	5	10	20	50
10	3,866	2,638	2,339	1,976	1,719	1,473	1,130
20	2,443	1,667	1,479	1,249	1,087	0,931	0,714
30	1,824	1,244	1,103	0,932	0,811	0,695	0,533
60	1,078	0,735	0,652	0,551	0,479	0,410	0,315
120	0,624	0,425	0,378	0,319	0,277	0,237	0,182
180	0,451	0,307	0,273	0,231	0,200	0,172	0,132

ITP krive za putni propust broj: **56**

$t_k$ (min)	P %						
	0,1	1	2	5	10	20	50
10	3,844	2,631	2,335	1,974	1,719	1,473	1,130
20	2,429	1,663	1,476	1,248	1,086	0,931	0,715
30	1,813	1,241	1,101	0,931	0,811	0,695	0,533
60	1,071	0,733	0,651	0,550	0,479	0,410	0,315
120	0,620	0,424	0,377	0,319	0,277	0,238	0,182
180	0,448	0,307	0,272	0,230	0,200	0,172	0,132

ITP krive za putni propust broj:

**57**

$t_k$ (min)	P %						
	0,1	1	2	5	10	20	50
10	3,800	2,617	2,326	1,971	1,718	1,474	1,132
20	2,402	1,654	1,471	1,246	1,086	0,932	0,715
30	1,793	1,234	1,097	0,929	0,810	0,695	0,534
60	1,059	0,729	0,649	0,549	0,479	0,410	0,315
120	0,613	0,422	0,376	0,318	0,277	0,238	0,182
180	0,443	0,305	0,271	0,230	0,200	0,172	0,132

ITP krive za putni propust broj:

**58**

$t_k$ (min)	P %						
	0,1	1	2	5	10	20	50
10	3,774	2,609	2,321	1,969	1,717	1,474	1,133
20	2,385	1,649	1,467	1,244	1,085	0,932	0,716
30	1,780	1,231	1,095	0,928	0,810	0,695	0,535
60	1,052	0,727	0,647	0,549	0,479	0,411	0,316
120	0,609	0,421	0,375	0,318	0,277	0,238	0,183
180	0,440	0,304	0,271	0,230	0,200	0,172	0,132

ITP krive za putni propust broj:

**59**

$t_k$ (min)	P %						
	0,1	1	2	5	10	20	50
10	3,752	2,602	2,317	1,967	1,717	1,475	1,134
20	2,371	1,645	1,465	1,243	1,085	0,932	0,717
30	1,770	1,227	1,093	0,928	0,810	0,695	0,535
60	1,046	0,725	0,646	0,548	0,479	0,411	0,316
120	0,605	0,420	0,374	0,318	0,277	0,238	0,183
180	0,438	0,303	0,270	0,230	0,200	0,172	0,132

ITP krive za putni propust broj:

**60**

$t_k$ (min)	P %						
	0,1	1	2	5	10	20	50
10	3,715	2,590	2,310	1,964	1,716	1,475	1,135
20	2,347	1,637	1,460	1,241	1,084	0,932	0,718
30	1,752	1,222	1,089	0,926	0,809	0,696	0,536
60	1,035	0,722	0,644	0,548	0,478	0,411	0,316
120	0,599	0,418	0,373	0,317	0,277	0,238	0,183
180	0,433	0,302	0,269	0,229	0,200	0,172	0,132

ITP krive za putni propust broj:

**61**

$t_k$ (min)	P %						
	0,1	1	2	5	10	20	50
10	3,700	2,586	2,307	1,963	1,715	1,475	1,135
20	2,338	1,634	1,458	1,241	1,084	0,933	0,718
30	1,746	1,220	1,088	0,926	0,809	0,696	0,536
60	1,031	0,721	0,643	0,547	0,478	0,411	0,316
120	0,597	0,417	0,372	0,317	0,277	0,238	0,183
180	0,432	0,301	0,269	0,229	0,200	0,172	0,132

ITP krive za putni propust broj:

**62**

$t_k$ (min)	P %						
	0,1	1	2	5	10	20	50
10	3,688	2,582	2,304	1,962	1,715	1,475	1,136
20	2,331	1,632	1,457	1,240	1,084	0,933	0,718
30	1,740	1,218	1,087	0,925	0,809	0,696	0,536
60	1,028	0,720	0,642	0,547	0,478	0,411	0,316
120	0,595	0,416	0,372	0,317	0,277	0,238	0,183
180	0,430	0,301	0,269	0,229	0,200	0,172	0,132

ITP krive za putni propust broj:

**63**

$t_k$ (min)	P %						
	0,1	1	2	5	10	20	50
10	3,682	2,580	2,303	1,961	1,715	1,476	1,136
20	2,327	1,631	1,456	1,240	1,084	0,933	0,718
30	1,737	1,217	1,086	0,925	0,809	0,696	0,536
60	1,026	0,719	0,642	0,547	0,478	0,411	0,316
120	0,594	0,416	0,372	0,317	0,277	0,238	0,183
180	0,429	0,301	0,268	0,229	0,200	0,172	0,132

ITP krive za putni propust broj:

**64**

$t_k$ (min)	P %						
	0,1	1	2	5	10	20	50
10	3,668	2,575	2,300	1,960	1,715	1,476	1,137
20	2,318	1,628	1,454	1,239	1,084	0,933	0,719
30	1,730	1,215	1,085	0,924	0,808	0,696	0,536
60	1,022	0,718	0,641	0,546	0,478	0,411	0,317
120	0,592	0,415	0,371	0,316	0,276	0,238	0,183
180	0,428	0,300	0,268	0,229	0,200	0,172	0,132

ITP krive za putni propust broj: **65**

$t_k$ (min)	P %						
	0,1	1	2	5	10	20	50
10	3,647	2,569	2,296	1,958	1,714	1,476	1,137
20	2,305	1,624	1,452	1,238	1,083	0,933	0,719
30	1,721	1,212	1,083	0,923	0,808	0,696	0,537
60	1,017	0,716	0,640	0,546	0,478	0,411	0,317
120	0,589	0,414	0,371	0,316	0,276	0,238	0,183
180	0,425	0,299	0,268	0,229	0,200	0,172	0,132

ITP krive za putni propust broj: **66**

$t_k$ (min)	P %						
	0,1	1	2	5	10	20	50
10	3,608	2,555	2,288	1,954	1,712	1,476	1,138
20	2,280	1,615	1,446	1,235	1,082	0,933	0,719
30	1,702	1,205	1,079	0,922	0,807	0,696	0,537
60	1,006	0,712	0,638	0,545	0,477	0,411	0,317
120	0,582	0,412	0,369	0,315	0,276	0,238	0,183
180	0,421	0,298	0,267	0,228	0,199	0,172	0,133

ITP krive za putni propust broj: **67**

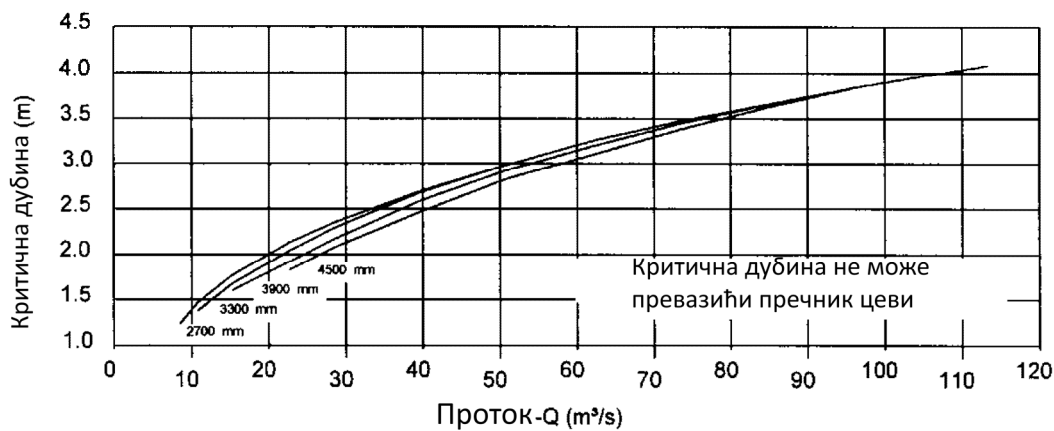
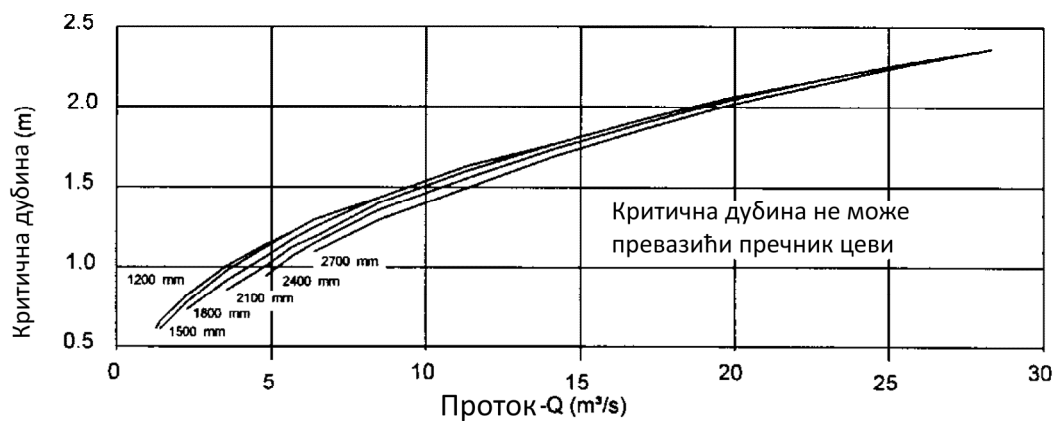
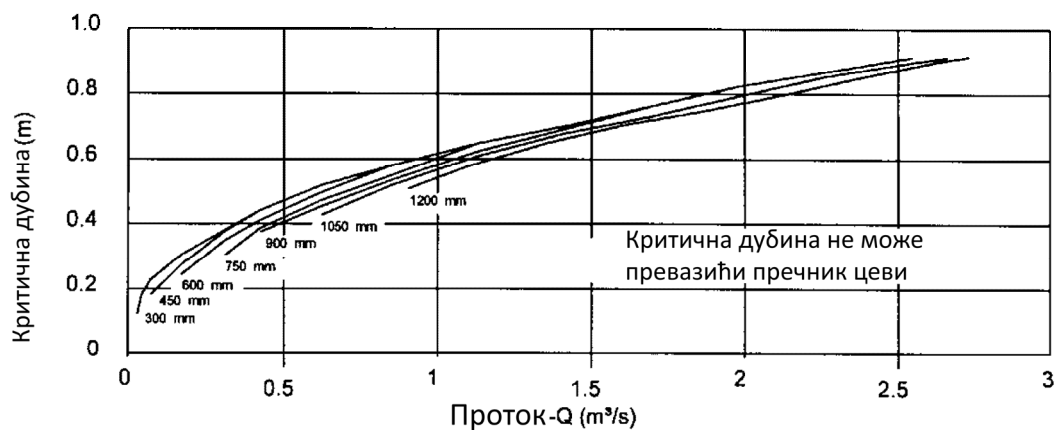
$t_k$ (min)	P %						
	0,1	1	2	5	10	20	50
10	3,562	2,540	2,278	1,949	1,710	1,475	1,138
20	2,251	1,605	1,440	1,232	1,080	0,933	0,720
30	1,680	1,198	1,074	0,919	0,806	0,696	0,537
60	0,993	0,708	0,635	0,543	0,476	0,411	0,317
120	0,575	0,410	0,368	0,315	0,276	0,238	0,184
180	0,415	0,296	0,265	0,228	0,199	0,172	0,133

**Прилог 6: Вредности Манинговог коефицијента трења за различите типове пропуста**

Вредности Manning-овог коефицијента $n$ за различите пропусте. <sup>1</sup>			
Врста пропуста	Глатка или коругована унутрашњост	$n$	Референца
Цевни бетонски	Глатко	0.010-0.011	Straub et al. 1960 May et al. 1986 Tullis 1986 & 1991a
Плочастни бетонски	Глатко	0.012-0.015	FHWA 1961
Подужно варена метална цев	Глатко	0.012-0.013	Tullis 1983 & 1991b
Коругована метална цев	Корубе од 68 до 13 mm	0.011-0.023	FHWA 1980 Tullis 1991c
Коругована метална цев	Корубе од 150 до 25 mm	0.022-0.025	FHWA 1980
Коруговани метални засведени пропуст	Корубе од 68 до 13 mm	0.022-0.027	FHWA 1980
Споља коруговане полиетиленске цеви	Глатко	0.009-0.015	Barfuss & Tullis 1988 Tullis et al. 1990
Унутар коруговане пополиетиленске цеви	Коруговане	0.018-0.025	Clyde 1980 USBR 1985
PVC цеви	Глатко	0.009-0.011	Neale and Price 1964 Bishop and Jeppson 1975
<sup>1</sup> Manning's $n$ вредности наведене у овој табели добијене су у лабораторији и подржане су датом референцом. Стварне вредности могу варирати у зависности од утицаја абразије, корозије, угиба и услова споја.			

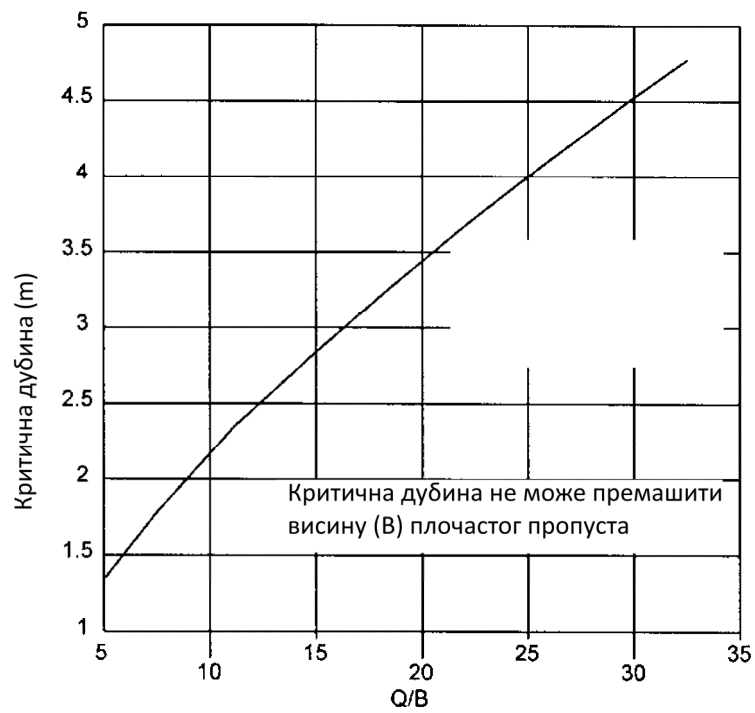
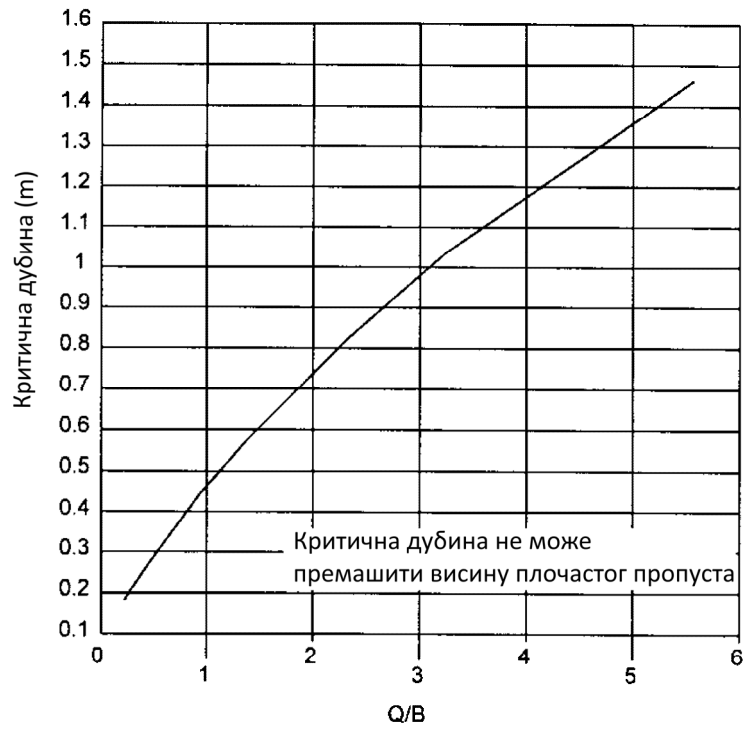
## Прилог 7: Одређивање критичне дубине у зависности од протицаја за различите облике попречног пресека пропуста

Цевасти пропusti:

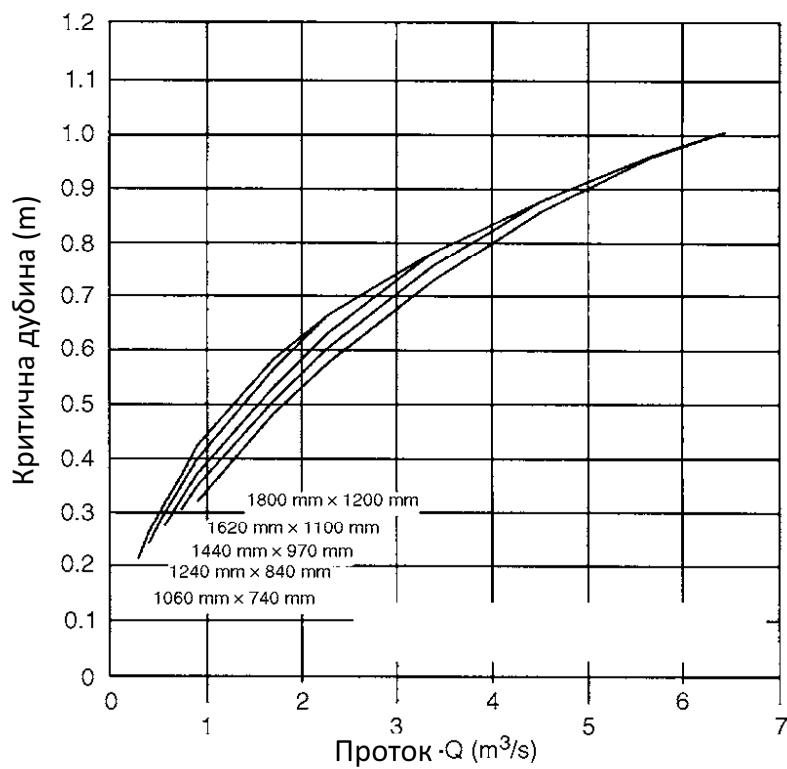
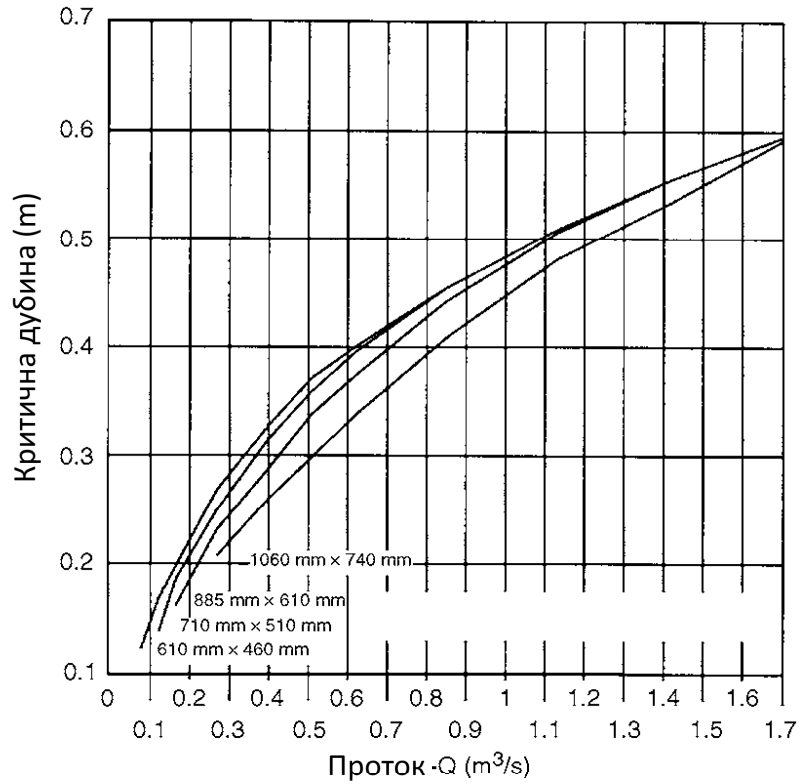




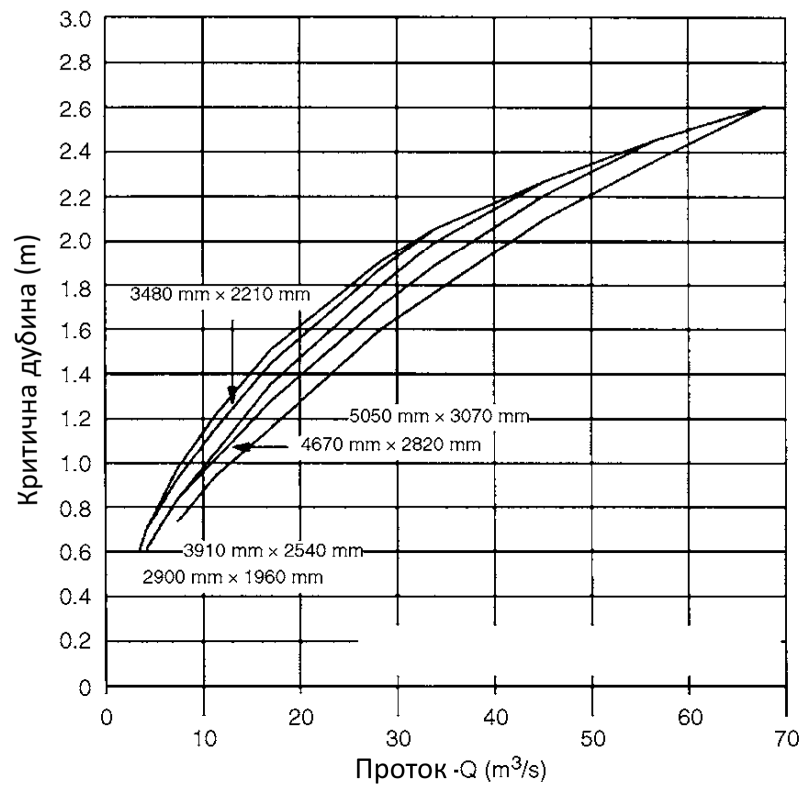
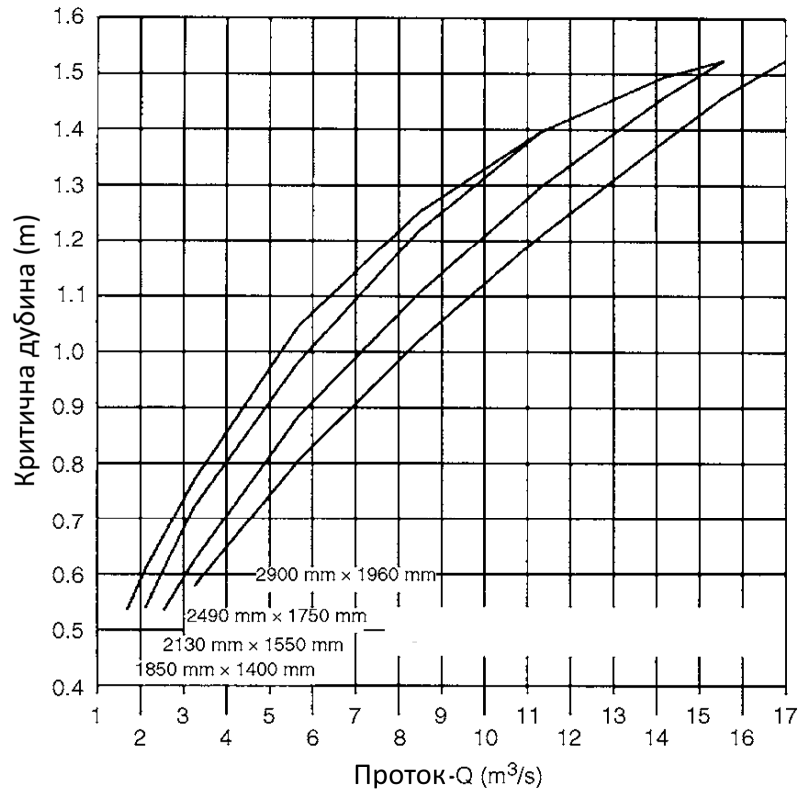
Плочасти пропуса:



Засведени пропусти:



Засведени пропусти:



**Прилог 8: Вредности Manning-овог коефицијента храпавости корита код отворених токова**

Tip kanala i opis	Minimalna vrednost	Normalna vrednost	Maksimalna vrednost
<b>A. Zatvorena delimično ispunjena cev</b>			
A-1. Metal			
a. Mesing, ravan	0,009	0,010	0,013
b. Čelik			
1. Sklopke i varovi	0,010	0,012	0,014
2. Zakovan i sa navojima	0,013	0,016	0,017
c. Liveno gvožđe			
1. Sa zaštitnim premazom	0,010	0,013	0,014
2. Bez zaštitnog premaza	0,011	0,014	0,016
d. Kovano gvožđe			
1. Crno	0,012	0,014	0,015
2. Galvanizirano	0,013	0,016	0,017
e. Talasasti (naborani) metal			
1. Podzemna drenaža	0,017	0,019	0,021
2. Atmosferska drenaža	0,021	0,025	0,030
A-2. Nemetal			
a. Staklo	0,008	0,009	0,010
b. Cement	0,009	0,010	0,013
1. Čista, ravna površina	0,010	0,011	0,013
2. Malter	0,011	0,013	0,015
c. Beton			
1. Propusti, prav bez pukotina	0,010	0,011	0,013
2. Propusti, sa krivinama i ponekom pukotinom	0,011	0,013	0,014
3. Završen	0,011	0,012	0,014
4. Kolektor sa šahtovima	0,013	0,015	0,017
5. Nezavršen, sa čeličnom oplatom	0,012	0,013	0,014
6. Nezavršen, sa drvenom oplatom	0,012	0,014	0,016
7. Nezavršen, rapava drvena oplata	0,015	0,017	0,020
d. Drvo			
1. Laminat, jako izglučano	0,015	0,017	0,020

e. Glina, ilovača			
1. Crep	0,011	0,013	0,017
2. Vitriolizovani odvod	0,011	0,014	0,017
3. Vitriolizovana kanalizaciona cev sa šahtovima	0,013	0,015	0,017
4. Vitriolizovana drenaža sa otvorenim spojevima	0,014	0,016	0,018
f. Opeka			
1. Glatka	0,011	0,013	0,015
2. Fuge su ispunjene cementnim malterom	0,012	0,015	0,017
g. Fekalna kanalizaciona cev sa fekalnim muljem na dnu, pregibima i spojevima	0,012	0,013	0,016
h. Popločano dno, glatka površina	0,016	0,019	0,020
i. Zidano šljunkom, cementirano	0,018	0,025	0,030
<b>B. Nov ili dorađen kanal</b>			
B-1. Metal			
a. Glatka čelična površina			
1. Nebojena	0,011	0,012	0,014
2. Obojena	0,012	0,013	0,017
b. Talasast, naboran	0,021	0,025	0,030
B-2. Nemetall			
a. Cement			
1. Čista površina	0,010	0,011	0,013
2. Malter	0,011	0,013	0,015
b. Drvo			
1. Ravno, neglačano	0,010	0,012	0,014
2. Ravan, kreozolirani	0,011	0,012	0,015
3. Neravan	0,011	0,013	0,015
4. Daske i lajsne	0,012	0,015	0,018
c. Beton			
1. Poravnat	0,011	0,013	0,015
2. Završen, sa šljunkom na dnu	0,015	0,017	0,020
3. Nezavršen	0,014	0,017	0,020
d. Opeka			
1. Glatka	0,011	0,013	0,015
2. U cementnom malteru	0,012	0,015	0,018
e. Zidarski radovi			
1. Cement i šljunak	0,017	0,025	0,030
2. Šljunak	0,023	0,032	0,035
f. Obraden kamen	0,013	0,015	0,017
g. Asfalt			
1. Gladak	0,013	0,013	
2. Rapav	0,016	0,016	
<b>C. Iskopan na suvo ili sveže refuliran kanal</b>			
a. Zemlja, prav, jednak			
1. Čist, sveže iskopan	0,016	0,018	0,020
2. Čist, nakon izloženosti atmosferskim	0,018	0,022	0,025

uslovima			
3. Šljunak, ravnomerne veličine, čist	0,022	0,025	0,030
4. Sa kratkom travom, poneki veći korov	0,022	0,027	0,033
<b>b. Zemlja, vijugav</b>			
1. Bez vegetacije	0,023	0,025	0,030
2. Trava, poneki korov	0,025	0,030	0,033
3. Gust korov ili vodene biljke u dubljim kanalima	0,030	0,035	0,040
4. Zemljano dno, kosine sa sa oblucima	0,028	0,030	0,035
5. Stenovito dno, zakorovljene obale	0,025	0,035	0,040
6. Čiste kosine, dno sa oblucima	0,030	0,040	0,050
<b>D. Prirodni tokovi</b>			
<b>D-1. Mali tokovi (Širina ogledala na nivou velike vode &lt;30m)</b>			
<b>a. Tokovi u ravnicama</b>			
1. Čist, prav, pun profil, bez rupa i većih udubljenja	0,025	0,030	0,033
2. Kao prethodni, ali više stenja i korova	0,030	0,035	0,040
3. Čist, vijugav, poneko udubljenje i sprud	0,033	0,040	0,045
4. Kao prethodni, ali više stenja i korova	0,035	0,045	0,050
5. Kao prethodni, manje ispunjeog profila, više pravih deonica.	0,040	0,048	0,055
6. Kao 4. sa više stena	0,045	0,050	0,060
7. Deonice sa manjim padom, korov i	0,050	0,070	0,080
8. Veoma zakorovljen, udubljenja, ili sa većim stablima i žbunjem	0,075	0,100	0,150
<b>b. Planinski tokovi, bez vegetacije, obale uglavnom strme, drveće i žbunje duž obala je potopljeno na većem nivou vode u toku</b>			
1. Dno: Šljunak, obluci, i nekoliko stena	0,030	0,040	0,050
2. Dno: Obluci sa velikim stenama	0,040	0,050	0,070
<b>D-2. Inundacije</b>			
<b>a. Pašnjak, bez žbunja</b>			
1. Niska trava	0,025	0,030	0,035
2. Visoka trava	0,030	0,035	0,050
<b>b. Kultivirane površine</b>			
1. Bez useva	0,020	0,030	0,040
2. Odrasli usevi u redovima	0,025	0,035	0,045
3. Odrasli usev nepravilnog sađen	0,030	0,040	0,050
<b>c. Žbunje</b>			
1. Prošarano žbunjem, i teški korov	0,035	0,050	0,070
2. Lako žbunje i drveće u zimu	0,035	0,050	0,060

3. Lako žbunje i drveće u leto	0,040	0,060	0,080
4. Srednje teško žbunje i drveće u zimu	0,045	0,070	0,110
5. Srednje žbunje i drveće u leto	0,070	0,100	0,160
d. Drveće			
1. Gusti vrbici, leto, prav	0,110	0,150	0,200
2. Čista zemlja, sa panjevima, bez mladih izdanaka	0,030	0,040	0,050
3. Isti kao 2., samo sa većim žbunjem i sprudovima	0,050	0,060	0,080
4. Teško drveće, nekoliko oborenih stabala, malo rastinje, nivo toka ispod visine granja	0,080	0,100	0,120
5. Isto kao predhodni, nivo dostiže granje	0,100	0,120	0,160
D-3. Veliki tokovi (širina ogledala na nivou velike vode > 30m). Vrednost $n$ je manja od malih tokova za iste uslove, zato što je na obalama često manji otpor			
a. Regularan, bez stena i žbunja	0,025	...	0,060
b. Neregularan sa rapavim deonicama	0,035	...	0,100

**Прилог 9: Коефицијент локалног губитка енергије на улазу у пропуст  $K_e$** 

Врста пропуста и тип улаза	$K_e$
<b>Цевасти бетонски пропусти</b>	
Правоизлазећа цев са наглавком као улазом	0.2
Правоизлазећа цев са равним крајем као улазом	0.5
Чеони зид и крилни зидови:	
Наглавак као улаз	0.2
Равни крај као улаз	0.5
Хидрауличко обликовани улаз за 1/12 радијуса	0.2
Засечена цев да прати нагиб косине насипа	0.7
<b>Цевасти и засведени пропусти од коругованог метала</b>	
Правоизлазећа цев (без чеоног зида)	0.9
Чеони зид и крилни зидови	0.5
Засечена цев да прати нагиб косине насипа	0.7
<b>Плочасти бетонски пропусти</b>	
Чеони зид вертикалан, без крилних зидова::	
без хидрауличког обликовања (углови под 90)	0.5
Хидраулички обликован за 1/12 висине	0.2
Крилни зидови са угловима 30° до 75° у односу на пропуст:	
Без хидрауличког обликовања	0.4
Хидраулички обликован за 1/12 висине	0.2
Крилни зидови од 10° до 25° у односу на пропуст:	
Без хидрауличког обликовања	0.5
Крилни зидови паралелни (продужење пропуста)	
без обликовања	0.7
Обликовани улаз	0.2

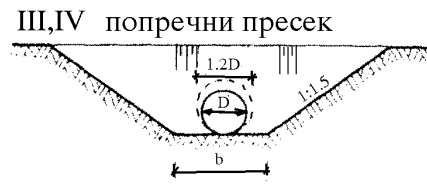
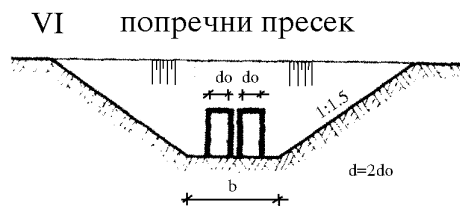
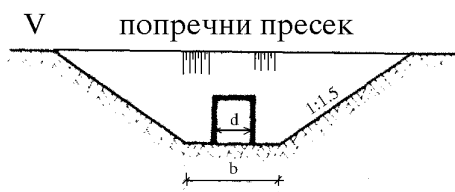
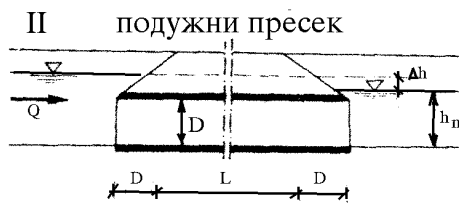
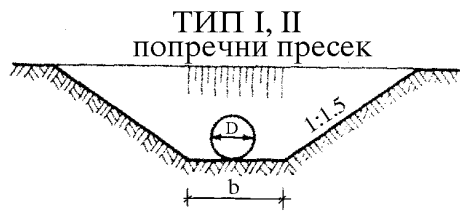


**Прилог 10: Одређивање коефицијента локалних губитака код пропуста**

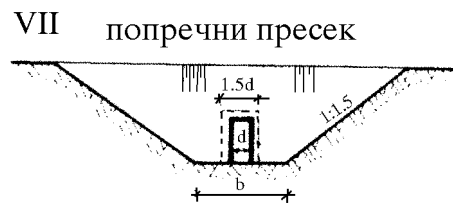
TIP PROPUSTA	SUMARNI KOEFICIJENT LOKALNOG ENERGETSKOG GUBITKA $\xi_{sum}$
I	$\xi_{sum} = 1.1 + 0.6\left(\frac{b}{D} - 1\right) + 0.2\left(\frac{h_n}{D} - 1.3\right)$
II	$\xi_{sum} = 0.9 + 0.6\left(\frac{b}{D} - 1\right) + 0.15\left(\frac{h_n}{D} - 1.3\right)$
III	$\xi_{sum} = 0.5 + 0.4\left(\frac{b}{D} - 1\right) + 0.2\left(\frac{h_n}{D} - 1.3\right)$
IV	$\xi_{sum} = 0.45 + 0.25\left(\frac{b}{D} - 1\right) + 0.1\left(\frac{h_n}{D} - 1.3\right)$
V	$\xi_{sum} = 1.0 + 0.4\left(\frac{b}{d} - 1\right) + 0.2\left(\frac{h_n}{a} - 1.5\right)$
VI	$\xi_{sum} = 1.1 + 0.35\left(\frac{b}{d} - 1\right) + 0.2\left(\frac{h_n}{a} - 1.5\right)$
VII	$\xi_{sum} = 0.5 + 0.2\left(\frac{b}{d} - 1\right) + 0.1\left(\frac{h_n}{a} - 1.4\right)$

Типови пропуста су приказани на наредној страни.

Типови пропуста:



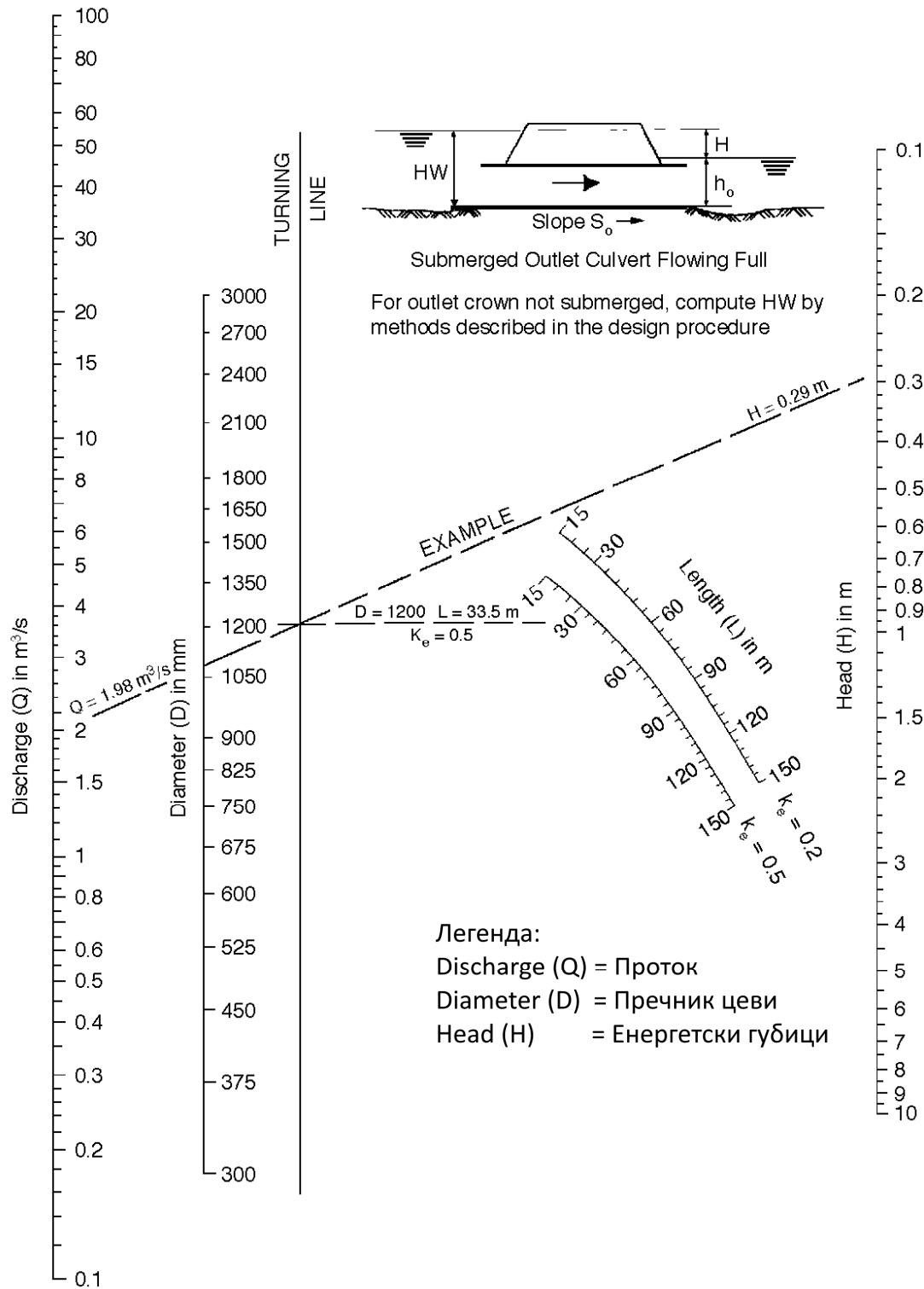
радијус заобљења  $D/8$



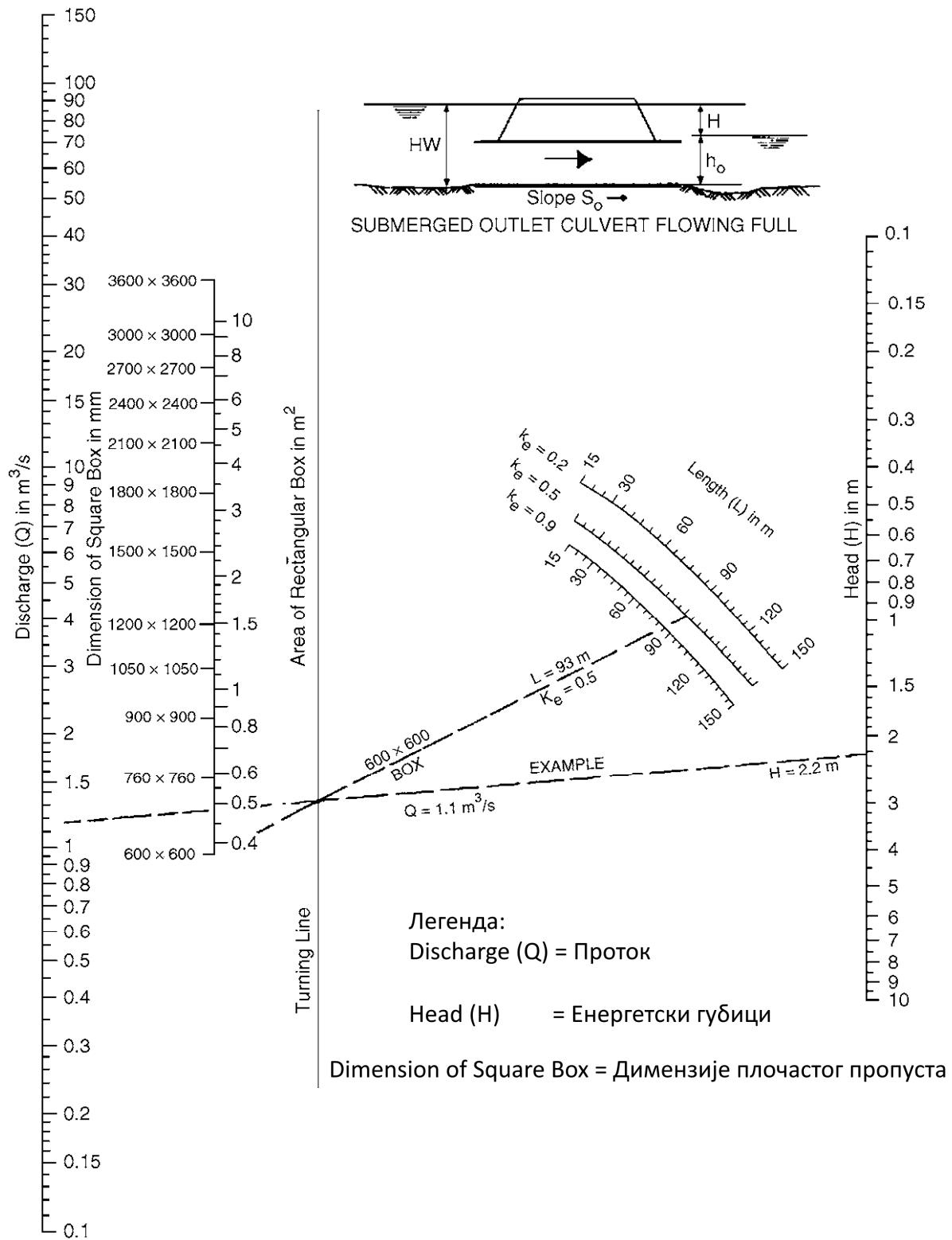
радијус закривљења  $a/8$

**Прилог 11: Номограми за пропусте са низводном контролом течења**

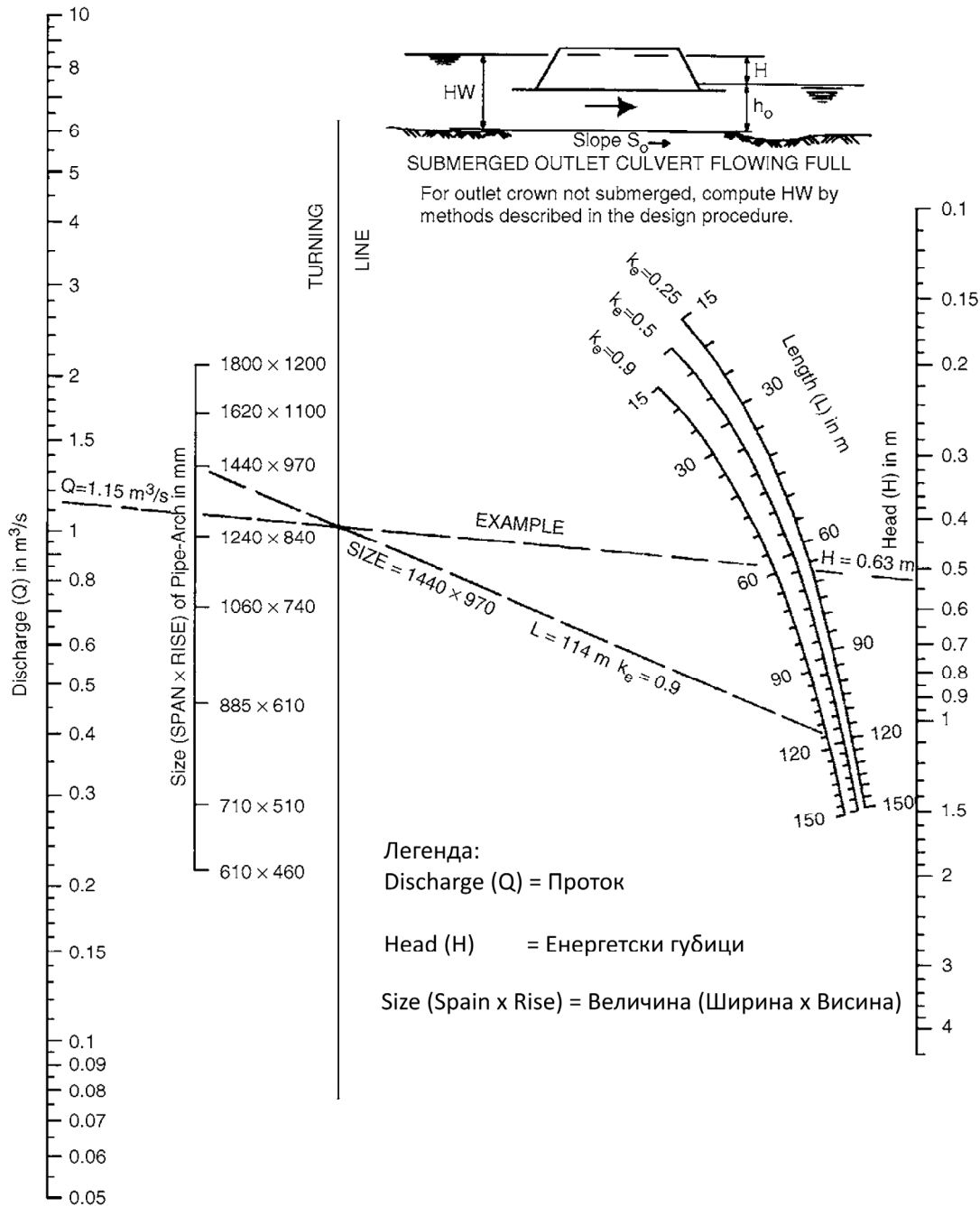
Номограм: Цевасти бетонски пропусте са низводном контролом



Номограм: Плочасти бетонски пропусти са низводном контролом

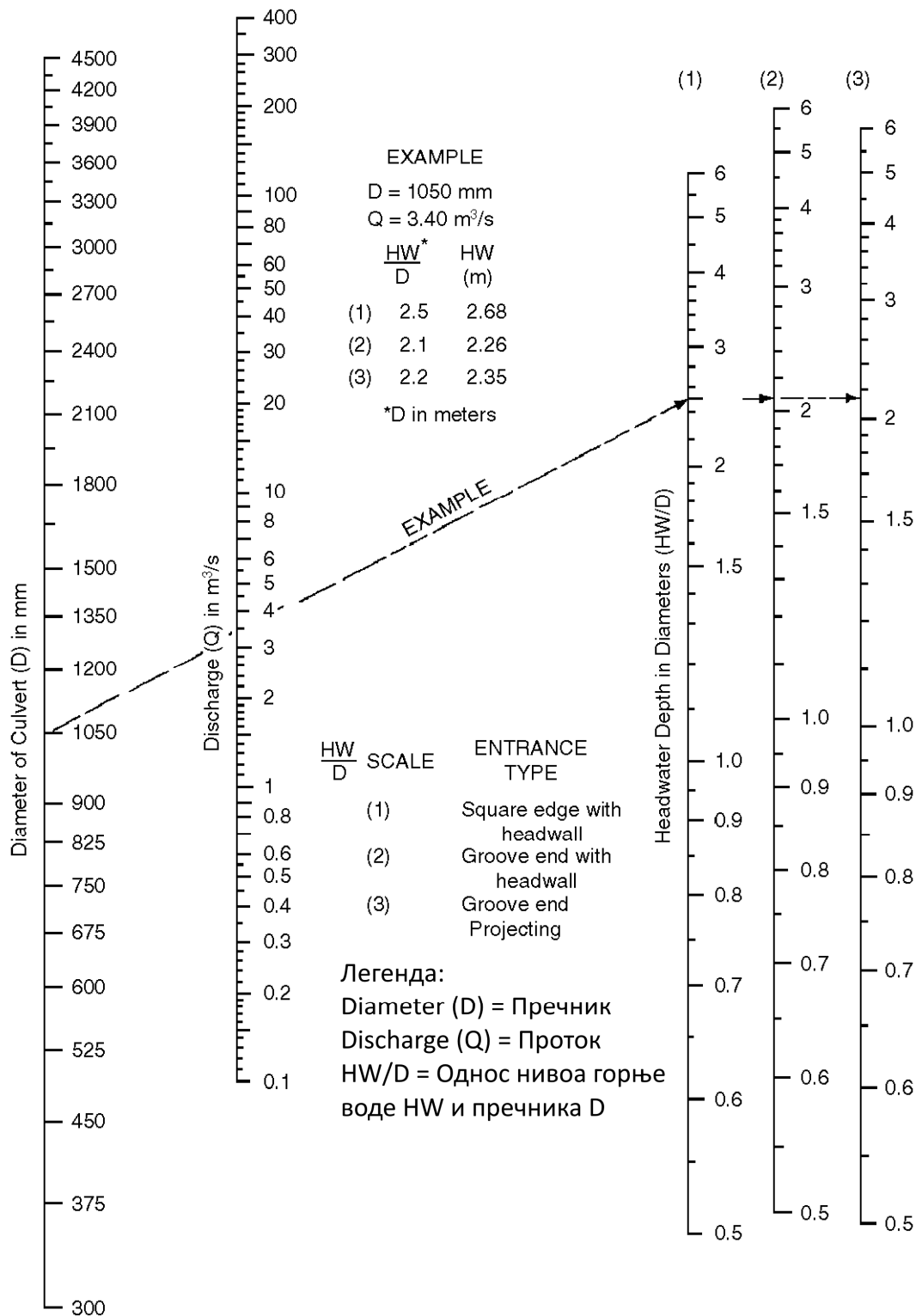


Номограм: Засведени пропуссти са низводном контролом

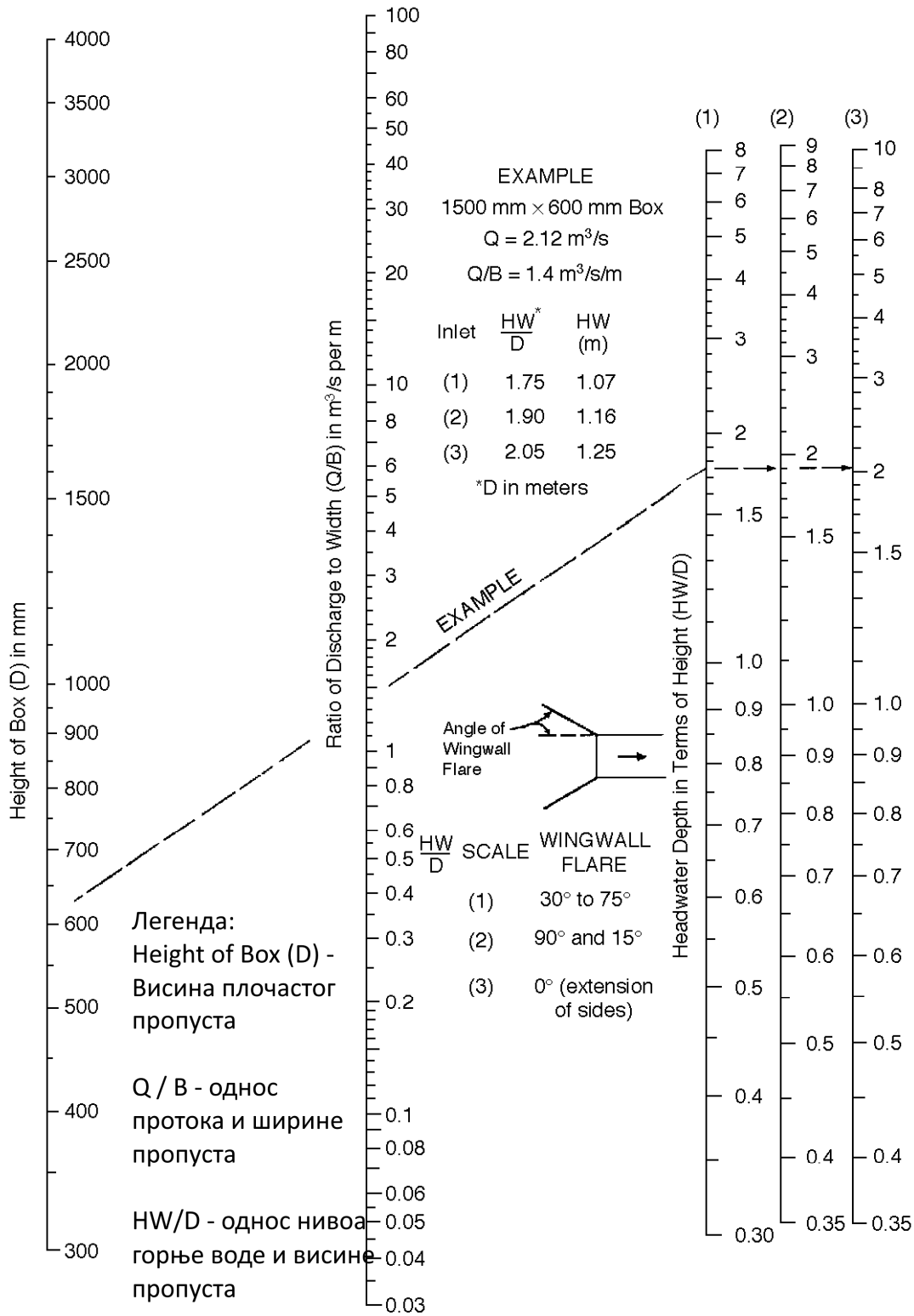


**Прилог 12: Номограми за пропусте са узводном контролом течења**

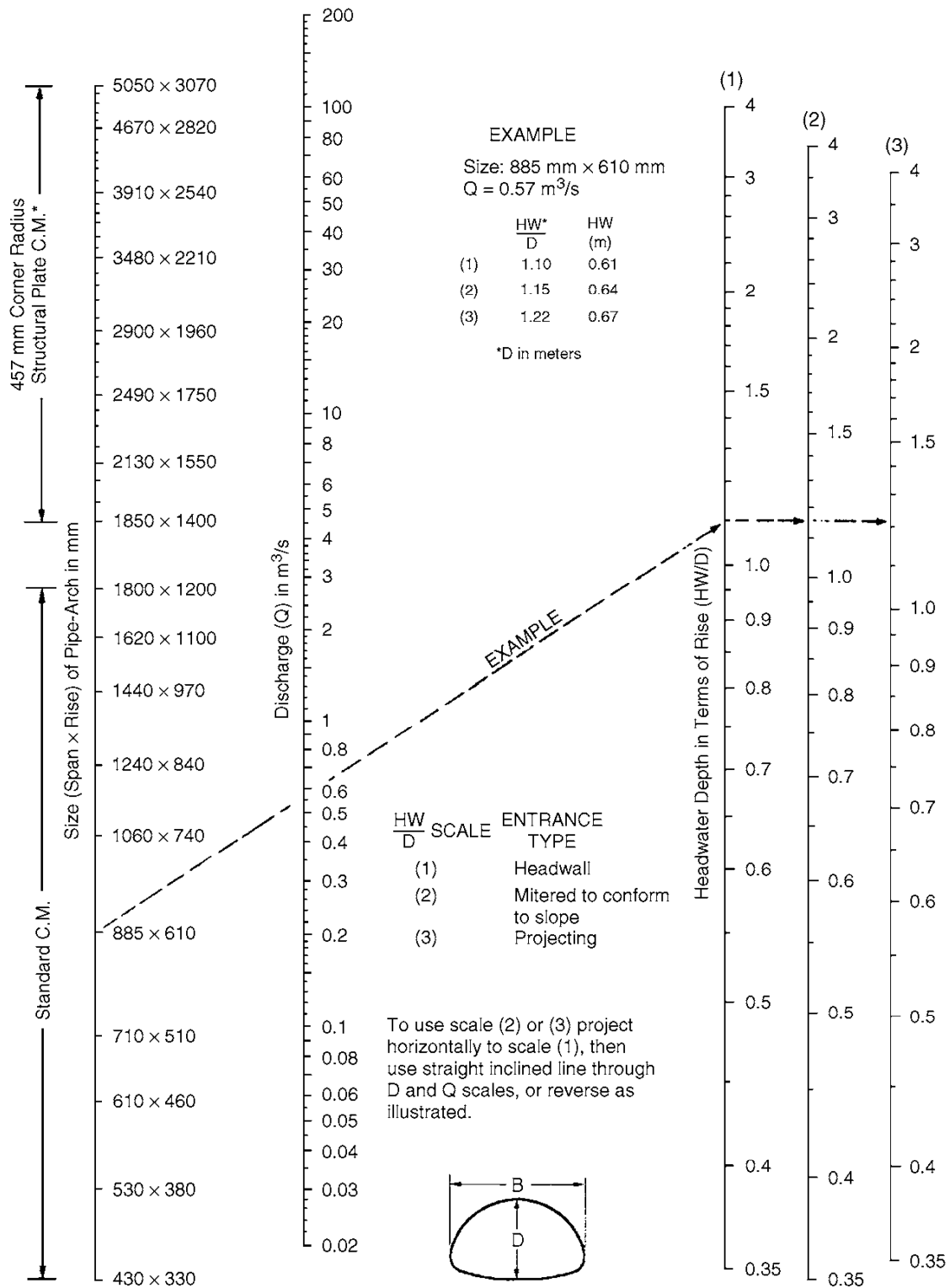
Номограм: Цевасти бетонски пропусту са узводном контролом



Номограм: Плочасти бетонски пропусати са узводном контролом



Номограм: Засведени пропуссти са узводном контролом





---

**Прилог 13: Табела резултата примене модела процене ризика на експерименталној деоници пута**

Табела са резултатима примене модела процене ризика на експерименталној деоници пута, Рашка - Нови Пазар, може се преузети и у електронском облику са трајног репозиторијума на интернет адреси:

**<https://zenodo.org/record/6285675#.YldefchByMo>**

Прилог 13: Резултати примене модела процене ризика на експерименталној деоници пута Рашка - Нови Пазар

Резултати прорачуна за сценарио S=1: Постојеће (експлоатационо ) стање путних пропуста

		Првно-регулаторни подаци:						Сигурносни критеријуми:						Граничне вредности:							
		T <sub>p</sub> ксвпп =		50		год.		КСВПП: T <sub>p</sub> =		50		год.		PZ = 0,2603							
		П.пер. n =		30		год.		КСПП =		1		%		GP = 0,4545							
Хидролошко-хидраулички модел																					
Подаци о путном пропусту:										Припрема података:		Хидролошки модел:		Хидраулички модел:		Вероватноћа појаве:		Процена ризика:	Класификациони критеријуми:		
Сценарио s =	Редни број пропуста:	Стационажа пута: [km]	Тип путног пропуста:	Димензије / Пречник:		Дужина пропуста: L [m]	Нагиб дна пропуста: I [%]	Запуњеност наносом: [%] од Н	Површина слива: F [km <sup>2</sup> ]	Привремено акумулирана запремина V <sub>тав</sub> [m <sup>3</sup> ]	Број криве: CN [ / ]	Регресиона зависност: P = A * e <sup>(B*Q)</sup>		Q <sub>макс</sub> <sup>изд</sup> [m <sup>3</sup> /s]	K <sub>т</sub> [ / ]	Q <sub>макс</sub> <sup>ул</sup> [m <sup>3</sup> /s]	P (Q <sub>макс</sub> <sup>ул</sup> ) [%]	Ризик за сценарио s = 1: R(1) [ / ]	Критеријум значајности: R(1) < PZ ?	Критеријум прихватљивости: R(1) ≤ GP ?	Класификација ризика за сценарио s=1:
				B [mm]	H [mm]							A [ / ]	B [ / ]								
1	1	236+787,98	Цевасти пропуст	Ø500		10,15	5,30	2	0,3589	543,0	90,108	35,417	-3,616	0,595	0,644	0,924	1,255	0,3154	НЕ	ДА	Прихватљив
1	2	236+823,51	Цевасти пропуст	Ø500		18,91	8,00	56	0,1117	21,0	89,607	79,844	-3,811	0,337	0,780	0,432	15,411	0,9934	НЕ	НЕ	Висок
1	3	236+894,18	Плочасти пропуст	2500	1500	8,76	3,50	5	0,2574	61,0	89,272	53,255	-0,740	4,361	0,981	4,446	1,984	0,4518	НЕ	ДА	Прихватљив
1	4	236+956,47	Засведени пропуст	1000	1000	13,70	2,10	7	0,6857	782,0	90,264	92,254	-3,341	0,649	0,493	1,316	1,135	0,2900	НЕ	ДА	Прихватљив
1	5	237+272,57	Засведени пропуст	2000	1600	23,43	8,52	0	0,8169	1825,5	87,077	56,479	-0,491	6,250	0,812	7,701	1,287	0,3220	НЕ	ДА	Прихватљив
1	6	237+347,94	Засведени пропуст	1000	1000	20,12	3,00	47	0,5521	175,0	87,443	47,900	-1,782	0,737	0,791	0,931	9,111	0,9431	НЕ	НЕ	Висок
1	7	237+474,57	Засведени пропуст	1600	2000	21,14	5,00	0	0,6737	65,6	89,034	70,831	-0,533	6,900	0,994	6,943	1,750	0,4112	НЕ	ДА	Прихватљив
1	8	238+156,69	Засведени пропуст	1000	1000	35,20	5,40	0	0,8938	1406,0	81,181	81,969	-2,509	0,624	0,388	1,610	1,442	0,3532	НЕ	ДА	Прихватљив
1	9	238+292,19	Засведени пропуст	1000	1000	27,42	3,50	5	0,8450	68,0	88,228	36,156	-2,477	1,068	0,874	1,221	1,756	0,4123	НЕ	ДА	Прихватљив
1	10	238+490,45	Плочасти пропуст	1200	1000	10,11	3,50	41	0,7161	87,0	89,929	51,093	-1,574	0,841	0,556	1,514	4,715	0,7652	НЕ	НЕ	Висок
1	11	238+669,13	Засведени пропуст	2000	1600	25,56	10,02	3	0,6161	151,0	89,514	70,424	-0,522	8,880	0,994	8,934	0,664	0,1812	ДА	ДА	Занемарљив
1	12	238+766,17	Засведени пропуст	1000	1000	28,33	2,50	49	0,4765	48,0	79,354	120,555	-3,056	0,594	0,878	0,677	15,224	0,9930	НЕ	НЕ	Висок
1	13	238+915,57	Засведени пропуст	4000	3200	14,88	11,60	5	0,2179	5387,9	88,746	77,990	-1,448	30,860	0,944	32,961	1,460E-19	0,0000	ДА	ДА	Занемарљив
1	14	239+173,11	Плочасти пропуст	3000	2850	9,79	0,00	5	0,0653	3356,1	88,071	129,730	-4,331	19,400	0,945	20,529	3,158E-37	0,0000	ДА	ДА	Занемарљив
1	15	239+319,67	Цевасти пропуст	Ø500		17,81	6,50	0	0,4933	0,0	81,353	68,150	-4,070	0,970	1,000	0,970	1,313	0,3273	НЕ	ДА	Прихватљив
1	16	239+472,49	Цевасти пропуст	Ø1000		16,56	3,00	16	0,1442	18,7	89,159	86,080	-2,039	1,430	0,988	1,447	4,503	0,7490	НЕ	НЕ	Висок
1	17	239+719,77	Цевасти пропуст	Ø500		36,52	7,30	49	0,3574	93,0	86,856	89,017	-3,273	0,364	0,659	0,553	11,305	0,9726	НЕ	НЕ	Висок
1	18	239+997,62	Засведени пропуст	1000	1000	14,12	4,31	57	0,0852	23,3	89,446	79,323	-3,181	0,750	0,955	0,785	6,521	0,8677	НЕ	НЕ	Висок
1	19	240+279,11	Плочасти пропуст	2000	1900	10,18	9,20	5	0,3253	482,0	89,846	84,740	-0,511	8,952	0,983	9,107	0,807	0,2158	ДА	ДА	Занемарљив
1	20	241+027,08	Засведени пропуст	1000	1000	22,55	7,10	85	0,5046	121,0	87,355	57,569	-0,750	0,130	0,145	0,899	29,324	1,0000	НЕ	НЕ	Висок
1	21	241+492,58	Засведени пропуст	2000	2000	30,74	6,80	27	0,8741	22,0	91,824	100,340	-1,121	1,264	0,864	1,464	19,444	0,9985	НЕ	НЕ	Висок
1	22	241+586,83	Засведени пропуст	1000	1000	25,58	4,00	59	0,6051	1255,0	88,412	57,569	-0,750	1,580	0,404	3,913	3,060	0,6064	НЕ	НЕ	Висок
1	23	241+852,17	Засведени пропуст	1000	1000	15,00	4,00	11	0,1876	951,5	87,553	63,377	-1,707	1,330	0,348	3,820	0,093	0,0275	ДА	ДА	Занемарљив
1	24	242+090,81	Засведени пропуст	3000	2500	14,23	3,00	13	0,2955	54,7	88,995	83,036	-1,014	10,670	0,998	10,691	0,002	0,0006	ДА	ДА	Занемарљив
1	25	242+664,35	Плочасти пропуст	4000	2300	9,57	0,00	7	0,4416	143,0	88,341	67,128	-0,767	19,610	0,996	19,689	1,855E-05	0,0000	ДА	ДА	Занемарљив
1	26	242+917,15	Засведени пропуст	1000	1000	23,88	4,00	9	0,6629	29,0	90,722	81,211	-2,661	1,325	0,935	1,417	1,873	0,4329	НЕ	ДА	Прихватљив
1	27	243+018,46	Засведени пропуст	1000	1000	20,58	3,30	36	0,6937	1244,0	79,052	61,018	-2,160	0,292	0,267	1,091	5,781	0,8324	НЕ	НЕ	Висок
1	28	243+587,44	Засведени пропуст	3000	2400	23,47	4,00	3	0,7986	442,4	89,554	74,771	-0,414	14,360	0,990	14,505	0,184	0,0538	ДА	ДА	Занемарљив
1	29	243+846,10	Засведени пропуст	1000	1000	25,68	10,60	48	0,1497	357,0	87,964	69,273	-2,055	1,150	0,696	1,651	2,328	0,5067	НЕ	НЕ	Висок
1	30	244+471,59	Цевасти пропуст	Ø500		14,43	3,00	69	0,3026	12,1	87,442	83,152	-2,881	0,160	0,890	0,180	49,539	1,0000	НЕ	НЕ	Висок
1	31	244+966,12	Плочасти пропуст	2000	1600	9,51	13,20	7	0,4675	36,0	89,354	33,211	-0,569	6,333	0,998	6,346	0,897	0,2369	ДА	ДА	Занемарљив
1	32	245+195,07	Цевасти пропуст	Ø600		10,74	3,00	37	0,5744	298,0	82,323	108,336	-2,714	0,395	0,416	0,950	8,221	0,9237	НЕ	НЕ	Висок
1	33	245+293,13	Плочасти пропуст	2000	1200	10,62	6,80	41	0,1411	121,2	89,581	84,855	-2,102	1,250	0,913	1,369	4,772	0,7694	НЕ	НЕ	Висок
1	34	245+422,35	Цевасти пропуст	Ø1000		32,89	3,00	5	0,7223	241,0	78,578	104,338	-2,949	0,622	0,431	1,444	1,478	0,3603	НЕ	ДА	Прихватљив
1	35	245+548,35	Цевасти пропуст	Ø1000		13,14	1,00	51	0,9099	149,0	85,449	43,316	-1,793	0,443	0,470	0,943	7,992	0,9178	НЕ	НЕ	Висок
1	36	245+727,52	Плочасти пропуст	2200	1800	9,24	0,50	13	0,1147	188,0	85,799	107,533	-1,191	3,500	0,953	3,673	1,355	0,3359	НЕ	ДА	Прихватљив
1	37	246+075,34	Засведени пропуст	2000	2200	20,06	11,30	37	0,1084	321,0	88,751	83,036	-1,014	3,350	0,919	3,645	2,061	0,4646	НЕ	НЕ	Висок
1	38	246+726,22	Цевасти пропуст	Ø1000		21,08	2,36	53	0,1438	31,1	84,833	49,065	-2,587	0,170	0,820	0,207	28,693	1,0000	НЕ	НЕ	Висок
1	39	246+999,19	Засведени пропуст	2000	1700	20,67	8,30	32	0,4292	664,1	88,064	66,245	-0,815	1,990	0,744	2,676	7,484	0,9031	НЕ	НЕ	Висок
1	40	247+118,27	Засведени пропуст	1000	1000	19,68	7,20	3	0,8394	194,0	88,333	47,968	-2,019	1,062	0,669	1,588	1,944	0,4451	НЕ	ДА	Прихватљив
1	41	247+524,23	Засведени пропуст	1000	1000	22,09	13,00	21	0,8443	123,0	92,066	91,041	-1,184	1,358	0,694	1,957	8,973	0,9404	НЕ	НЕ	Висок
1	42	247+736,66	Плочасти пропуст	2500	2000	9,86	10,80	15	0,2767	33,0	84,861	77,654	-0,565	8,553	0,998	8,570	0,613	0,1685	ДА	ДА	Занемарљив
1	43	248+456,77	Цевасти пропуст	Ø900		27,25	3,10	67	0,5763	81,7	86,345	64,686	-4,147	0,430	0,789	0,545	6,751	0,8772	НЕ	НЕ	Висок
1	44	248+550,84	Цевасти пропуст	Ø1000		24,19	2,90	3	0,1048	67,8	79,188	31,312	-4,103	0,677	0,901	0,751	1,435	0,3518	НЕ	ДА	Прихватљив
1	45	248+721,08	Засведени пропуст	2000	2000	15,89	7,00	18	0,8507	67,0	87,315	112,368	-1,427	1,885	0,839	2,248	4,547	0,7524	НЕ	ДА	Висок
1	46	249+329,99	Плочасти пропуст	1000	1100	8,77	2,20	33	0,4593	304,0	78,239	65,693	-2,795	0,379	0,525	0,722	8,722	0,9353	НЕ	НЕ	Висок
1	47	249+551,94	Засведени пропуст	1000	1000	15,65	8,70	71	0,1471	27,7	88,615	82,098	-2,020	0,410	0,925	0,443	33,522	1,0000	НЕ	НЕ	Висок
1	48	249+782,51	Засведени пропуст	1000	1000	29,57	4,90	41	0,6931	247,0	79,478	63,233	-1,953	0,682	0,670	1,019	8,645	0,9336	НЕ	НЕ	Висок
1	49	249+954,08	Цевасти пропуст	Ø600		36,91	4,00	39	0,0978	43,7	87,228	71,278	-3,083	0,560	0,916	0,612	10,817	0,9678	НЕ	НЕ	Висок
1	50	250+157,09	Засведени пропуст	2000	1800	28,05	17,30	2	0,1770	88,9	85,667	57,592	-1,863	6,280	0,995	6,312	0,0004	0,0001	ДА	ДА	Занемарљив
1	51	250+246,86	Засведени пропуст	1000	1000	24,47	6,80	19	0,6574	352,0	90,842	61,546	-1,675	0,927	0,583	1,589	4,299	0,7324	НЕ	НЕ	Висок
1	52	250+365,82	Засведени пропуст	2000	1500	30,96	8,07	9	0,7781	147,8	86,844	57,613	-0,475	8,270	0,987	8,376	1,078	0,2776	НЕ	ДА	Прихватљив
1	53	250+506,79	Плочасти пропуст	1800	2000	10,55	2,00	4	0,5663	128,0	79,247	121,465	-1,034	3,993	0,976	4,09					

Прилог 13: Резултати примене модела процене ризика на експерименталној деоници пута Рашка - Нови Пазар

Резултати прорачуна за сценарио S=2: Санирано стање путних пропуста

Сценарио s =		Мере за смањење ризика: MRS(2):		Грађевински радови на санацији:				Првно-регулаторни подаци:			Сигурносни критеријуми:			Граничне вредности:			Класификациони критеријуми:				
				уклањање вегетације на улазу и излазу, чишћење акумулираног каменог седимента и санација оштећених бетонских површина.				$T_p^{КСВП} =$	50	год.	КСВП: $T_p =$	50	год.	КХПП =	1	%				PZ =	0,2603
Хидролошко-хидраулички модел																					
Подаци о путном пропусту:																					
Припрема података:								Хидролошки модел:				Хидраулички модел:		Вероватноћа појаве:		Процена ризика:					
Редни број пропуста:	Стационарна пута: [km]	Тип путног пропуста:	Дужина пропуста: L [m]	Нагиб дна пропуста: I [%]	Запуњеност наносом: [%] од Н	Површина слива: F [km <sup>2</sup> ]	Привремено акумулирана запремина $V_{law}$ [m <sup>3</sup> ]	Број криве: CN [ / ]	Регресиона зависност: $P = A \cdot e^{(B \cdot Q)}$		$Q_{max}^{из}$ [m <sup>3</sup> /s]	$K_{tr}$ [ / ]	$Q_{max}^{ul}$ [m <sup>3</sup> /s]	$P(Q_{max}^{ul})$ [%]	Ризик за сценарио s = 2: R(2) [ / ]	Критеријум значајности: R(2) < PZ ?	Критеријум прихватљивости: R(2) ≤ GP ?	Класификација ризика за сценарио s=2:			
								A [ / ]	B [ / ]												
2	Грађевински радови на санацији	1	236+787,98	Цевасти пропуст																	
2	Грађевински радови на санацији	2	236+823,51	Цевасти пропуст	18,91	8,00	0	0,1117		21,0	89,607	79,844	-3,811	0,974	0,867	1,123	1,105	0,2835	НЕ	ДА	Прихватљив
		3	236+894,18	Плочасти пропуст																	
		4	236+956,47	Засведени пропуст																	
		5	237+272,57	Засведени пропуст																	
2	Грађевински радови на санацији	6	237+347,94	Засведени пропуст	20,12	3,00	0	0,5521		175,0	87,443	47,900	-1,782	1,728	0,879	1,965	1,443	0,3534	НЕ	ДА	Прихватљив
		7	237+474,57	Засведени пропуст																	
		8	238+156,69	Засведени пропуст																	
		9	238+292,19	Засведени пропуст																	
2	Грађевински радови на санацији	10	238+490,45	Плочасти пропуст	10,11	3,50	0	0,7161		87,0	89,929	51,093	-1,574	1,974	0,942	2,095	1,888	0,4355	НЕ	ДА	Прихватљив
		11	238+669,13	Засведени пропуст																	
2	Грађевински радови на санацији	12	238+766,17	Засведени пропуст	28,33	2,50	0	0,4765		48,0	79,354	120,555	-3,056	1,521	0,975	1,560	1,025	0,2659	НЕ	ДА	Прихватљив
		13	238+915,57	Засведени пропуст																	
		14	239+173,11	Плочасти пропуст																	
		15	239+319,67	Цевасти пропуст																	
2	Грађевински радови на санацији	16	239+472,49	Цевасти пропуст	16,56	3,00	0	0,1442		18,7	89,159	86,080	-2,039	2,100	0,993	2,116	1,151	0,2934	НЕ	ДА	Прихватљив
2	Грађевински радови на санацији	17	239+719,77	Цевасти пропуст	36,52	7,30	0	0,3574		93,0	86,856	69,017	-3,273	0,892	0,732	1,219	1,278	0,3201	НЕ	ДА	Прихватљив
2	Грађевински радови на санацији	18	239+997,62	Засведени пропуст	14,12	4,31	0	0,0852		23,3	89,446	79,323	-3,181	1,770	0,983	1,800	0,259	0,0749	ДА		Занемарљив
		19	240+279,11	Плочасти пропуст																	
2	Грађевински радови на санацији	20	241+027,08	Засведени пропуст	22,55	7,10	0	0,5046		121,0	87,355	57,569	-0,750	3,190	0,973	3,278	4,925	0,7802	НЕ	НЕ	Висок
2	Грађевински радови на санацији	21	241+492,58	Засведени пропуст	30,74	6,80	0	0,8741		22,0	91,824	100,340	-1,121	1,844	0,909	2,028	10,331	0,962	НЕ	НЕ	Висок
2	Грађевински радови на санацији	22	241+586,83	Засведени пропуст	25,58	4,00	0	0,6051		1255,0	88,412	57,569	-0,750	3,810	0,770	4,949	1,406	0,3461	НЕ	ДА	Прихватљив
		23	241+852,17	Засведени пропуст																	
		24	242+090,81	Засведени пропуст																	
		25	242+664,35	Плочасти пропуст																	
		26	242+917,15	Засведени пропуст																	
2	Грађевински радови на санацији	27	243+018,46	Засведени пропуст	20,58	3,30	0	0,6937		1244,0	79,052	61,018	-2,160	0,548	0,297	1,844	1,137	0,2904	НЕ	ДА	Прихватљив
		28	243+587,44	Засведени пропуст																	
2	Грађевински радови на санацији	29	243+846,10	Засведени пропуст	25,68	10,60	0	0,1497		357,0	87,964	69,273	-2,055	2,430	0,874	2,780	0,229	0,0665	ДА		Занемарљив
2	Грађевински радови на санацији	30	244+471,59	Цевасти пропуст	14,43	3,00	0	0,3026		12,1	87,442	83,152	-2,881	0,530	0,974	0,544	17,345	0,9967	НЕ	НЕ	Висок
		31	244+966,12	Плочасти пропуст																	
2	Грађевински радови на санацији	32	245+195,07	Цевасти пропуст	10,74	3,00	0	0,5744		298,0	82,323	108,336	-2,714	0,754	0,462	1,631	1,294	0,3234	НЕ	ДА	Прихватљив
2	Грађевински радови на санацији	33	245+293,13	Плочасти пропуст	10,62	6,80	0	0,1411		121,2	89,581	84,855	-2,102	2,100	0,952	2,205	0,824	0,2198	ДА		Занемарљив
		34	245+422,35	Цевасти пропуст																	
2	Грађевински радови на санацији	35	245+548,35	Цевасти пропуст	13,14	1,00	0	0,9099		149,0	85,449	43,316	-1,793	1,013	0,522	1,940	1,337	0,3322	НЕ	ДА	Прихватљив
		36	245+727,52	Плочасти пропуст																	
2	Грађевински радови на санацији	37	246+075,34	Засведени пропуст	20,06	11,30	0	0,1084		321,0	88,751	83,036	-1,014	7,710	0,969	7,956	0,026	0,0078	ДА		Занемарљив
2	Грађевински радови на санацији	38	246+726,22	Цевасти пропуст	21,08	2,36	0	0,1438		31,1	84,833	49,065	-2,587	1,070	0,976	1,096	2,881	0,584	НЕ	НЕ	Висок
2	Грађевински радови на санацији	39	246+999,19	Засведени пропуст	20,67	8,30	0	0,4292		664,1	88,064	66,245	-0,815	7,980	0,944	8,454	0,067	0,0199	ДА		Занемарљив
		40	247+118,27	Засведени пропуст																	
2	Грађевински радови на санацији	41	247+524,23	Засведени пропуст	22,09	13,00	0	0,8443		123,0	92,066	91,041	-1,184	1,832	0,731	2,508	4,675	0,7622	НЕ	НЕ	Висок
		42	247+736,66	Плочасти пропуст																	
2	Грађевински радови на санацији	43	248+456,77	Цевасти пропуст	27,25	3,10	0	0,5763		81,7	86,345	64,686	-4,147	2,110	0,969	2,178	0,008	0,0024	ДА		Занемарљив
		44	248+550,84	Цевасти пропуст																	
2	Грађевински радови на санацији	45	248+721,08	Засведени пропуст	15,89	7,00	0	0,8507		67,0	87,315	112,368	-1,427	2,633	0,932	2,826	1,993	0,4533	НЕ	ДА	Прихватљив
2	Грађевински радови на санацији	46	249+329,99	Плочасти пропуст	8,77	2,20	0	0,4593		304,0	78,239	65,693	-2,795	0,984	0,783	1,257	1,956	0,4471	НЕ	ДА	Прихватљив
2	Грађевински радови на санацији	47	249+551,94	Засведени пропуст	15,65	8,70	0	0,1471		27,7	88,615	82,098	-2,020	1,780	0,986	1,804	2,145	0,4782	НЕ	НЕ	Висок
2	Грађевински радови на санацији	48	249+782,51	Засведени пропуст	29,57	4,90	0	0,6931		247,0	79,478	63,233	-1,953	1,474	0,744	1,981	1,321	0,329	НЕ	ДА	Прихватљив
2	Грађевински радови на санацији	49	249+954,08	Цевасти пропуст	36,91	4,00	0	0,0978		43,7	87,228	71,278	-3,083	1,070	0,961	1,113	2,303	0,5029	НЕ	НЕ	Висок
		50	250+157,09	Засведени пропуст																	
2	Грађевински радови на санацији	51	250+246,86	Засведени пропуст	24,47	6,80	0	0,6574		352,0	90,842	61,546	-1,675	1,369	0,648	2,112	1,789	0,4182	НЕ	ДА	Прихватљив
		52	250+365,82	Засведени пропуст																	
		53	250+506,79	Плочасти пропуст																	
		54	250+575,28	Цевасти пропуст																	
		55	250+787,30	Плочасти пропуст																	
2	Грађевински радови на санацији	56	250+990,72	Цевасти пропуст	10,91	2,50	0	0,7941		46,0	86,266	105,273	-1,247	3,051	0,957	3,188	1,975	0,4503	НЕ	ДА	Прихватљив
		57	251+346,95	Цевасти пропуст																	
		58	251+541,72	Плочасти пропуст																	
2	Грађевински радови на санацији	59	251+667,78	Цевасти пропуст	29,93	1,50	0	0,4932		85,0	87,227	89,238	-2,644	1,246	0,794	1,570	1,406	0,3461	НЕ	ДА	Прихватљив
2	Грађевински радови на санацији	60	252+038,90	Цевасти пропуст	18,12	1,00	0	0,8763		834,0	89,328	48,729	-1,805	0,817	0,455	1,796	1,904	0,4383	НЕ	ДА	Прихватљив
2	Грађевински радови на санацији	61	252+152,23	Цевасти пропуст	20,30	8,30	0	0,6518		207,0	87,162	102,794	-3,552	0,718	0,611	1,175	1,585	0,3808	НЕ	ДА	Прихватљив
		62	252+248,92	Плочасти пропуст																	
2	Грађевински радови на санацији	63	252+322,88	Цевасти пропуст	18,48	2,00	0	0,9291		477,0	79,586	69,924	-2,342	0,618	0,401	1,540	1,898	0,4372	НЕ	ДА	Прихватљив
2	Грађевински радови на санацији	64	252+427,55	Цевасти пропуст	10,65	5,00	0	0,5276		191,0	90,976	94,132	-3,100	0,777	0,597	1,301	1,667	0,3961	НЕ	ДА	Прихватљив
		65	252+569,80	Плочасти пропуст																	
2	Грађевински радови на санацији	66	252+852,53	Засведени пропуст	20,34	30,74	0	0,1241		39,5	88,991	79,871	-2,175	1,930	0,973	1,984	1,067	0,2752	НЕ	ДА	Прихватљив
2	Грађевински радови на санацији	67	253+165,20	Засведени пропуст	16,65	11,00	0	0,6278		54,0	81,299	100,680	-2,184	1,638	0,899	1,822	1,882	0,4345	НЕ	ДА	Прихватљив





**Прилог 14: Извештаји о процени ризика од појаве преливања воде преко саобраћајнице за 67 путних пропуста на експерименталној деоници пута**

## ИЗВЕШТАЈ О ПРОЦЕНИ РИЗИКА

од појаве преливања воде преко саобраћајнице у профилу путног пропуста на бујичном водотоку

### ПОДАЦИ О ПУТНОМ ПРОПУСТУ:

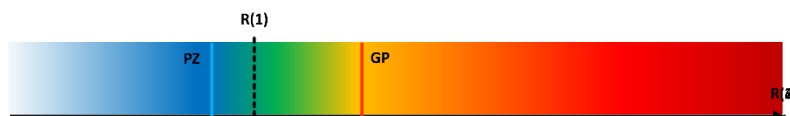
Путна деоница:	Рашка - Нови Пазар
Категорија саобраћајнице:	Државни пут 2. реда
Стационара објекта:	236+787,98      Пропуст бр. : 1

### СЦЕНАРИО S=1 ...[Постојеће стање пропуста] :

Применом модела процене ризика за анализирани путни пропуст одређене су:

- Граничне вредности:	1. Праг значајности:	<b>PZ = 0,2603</b>
	2. Граница прихватљивости:	<b>GP = 0,4545</b>
- Вредност ризика анализиране појаве:		<b>R(1) = 0,3154</b>

Класификација ризика:



На основу дијаграма одређено је да постојеће стање анализираниог пропуста поседује Прихватљив (занемарљив/прихватљив/висок) ниво ризика.

### СЦЕНАРИО S=2 ...[Санирано стање пропуста] :

Прва мера смањења ризика јесте примена радова на санацији путног пропуста:

**MSR(2):** \_\_\_\_\_

Поновном применом модела процене ризика, за санирано стање путног пропуста, одређена је вредност ризика **R(2) = \_\_\_\_\_**, која према дијаграму одређује \_\_\_\_\_ (занемарљив/прихватљив/висок) ниво ризика услед примене радова на санацији пропуста.

### СЦЕНАРИО S=3 ...[Реконструисано стање пропуста]:

Друга мера смањења ризика јесте примена радова на реконструкцији путног пропуста:

**MSR(3):** \_\_\_\_\_

Поновном применом модела процене ризика, за реконструисано стање пропуста, одређена је вредност ризика **R(3) = \_\_\_\_\_**, која према дијаграму одређује \_\_\_\_\_ (занемарљив/прихватљив/висок) ниво ризика услед примене радова на реконструкцији пропуста.

### СЦЕНАРИО S=4 ...[Реконструисано стање пропуста]:

Друга мера смањења ризика јесте примена радова на реконструкцији путног пропуста:

**MSR(4):** \_\_\_\_\_

Поновном применом модела процене ризика, за реконструисано стање пропуста, одређена је вредност ризика **R(4) = \_\_\_\_\_**, која према дијаграму одређује \_\_\_\_\_ (занемарљив/прихватљив/висок) ниво ризика услед примене радова на реконструкцији пропуста.

## ИЗВЕШТАЈ О ПРОЦЕНИ РИЗИКА

од појаве преливања воде преко саобраћајнице у профилу путног пропуста на бујичном водотоку

### ПОДАЦИ О ПУТНОМ ПРОПУСТУ:

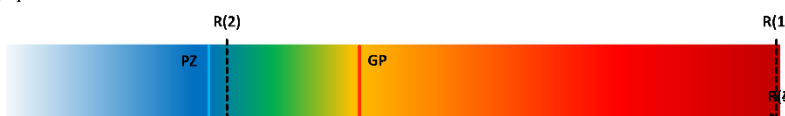
Путна деоница: Рашка - Нови Пазар  
 Категорија саобраћајнице: Државни пут 2. реда  
 Стационажа објекта: 236+823,51 Пропуст бр. : 2

### СЦЕНАРИО S=1 ...[Постојеће стање пропуста] :

Применом модела процене ризика за анализирани путни пропуст одређене су:

- Граничне вредности: 1. Праг значајности:  $PZ = 0,2603$   
 2. Граница прихватљивости:  $GP = 0,4545$   
 - Вредност ризика анализиране појаве:  $R(1) = 0,9934$

Класификација ризика:



На основу дијаграма одређено је да постојеће стање анализираног пропуста поседује Висок (занемарљив/прихватљив/висок) ниво ризика.

### СЦЕНАРИО S=2 ...[Санирано стање пропуста] :

Прва мера смањења ризика јесте примена радова на санацији путног пропуста:

**MSR(2):** уклањање вегетације на улазу и излазу, чишћење акумулираног каменог седимента и санација оштећених бетонских површина.

Поновном применом модела процене ризика, за санирано стање путног пропуста, одређена је вредност ризика  $R(2) = 0,2835$ , која према дијаграму одређује

Прихватљив (занемарљив/прихватљив/висок) ниво ризика услед примене радова на санацији пропуста.

### СЦЕНАРИО S=3 ...[Реконструисано стање пропуста]:

Друга мера смањења ризика јесте примена радова на реконструкцији путног пропуста:

**MSR(3):** \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_

Поновном применом модела процене ризика, за реконструисано стање пропуста, одређена је вредност ризика  $R(3) =$  \_\_\_\_\_, која према дијаграму одређује

\_\_\_\_\_ (занемарљив/прихватљив/висок) ниво ризика услед примене радова на реконструкцији пропуста.

### СЦЕНАРИО S=4 ...[Реконструисано стање пропуста]:

Друга мера смањења ризика јесте примена радова на реконструкцији путног пропуста:

**MSR(4):** \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_

Поновном применом модела процене ризика, за реконструисано стање пропуста, одређена је вредност ризика  $R(4) =$  \_\_\_\_\_, која према дијаграму одређује

\_\_\_\_\_ (занемарљив/прихватљив/висок) ниво ризика услед примене радова на реконструкцији пропуста.



## ИЗВЕШТАЈ О ПРОЦЕНИ РИЗИКА

од појаве преливања воде преко саобраћајнице у профилу путног пропуста на бујичном водотоку

### ПОДАЦИ О ПУТНОМ ПРОПУСТУ:

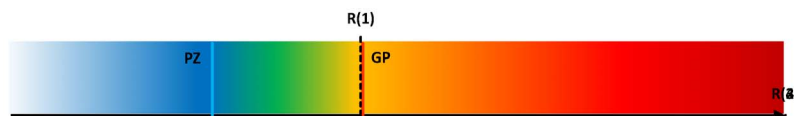
Путна деоница:	Рашка - Нови Пазар	
Категорија саобраћајнице:	Државни пут 2. реда	
Стационажа објекта:	236+894,18	Пропуст бр. : 3

### СЦЕНАРИО S=1 ...[Постојеће стање пропуста] :

Применом модела процене ризика за анализирани путни пропуст одређене су:

- Граничне вредности:	1. Праг значајности:	<b>PZ</b> =	<b>0,2603</b>
	2. Граница прихватљивости:	<b>GP</b> =	<b>0,4545</b>
- Вредност ризика анализиране појаве:		<b>R(1)</b> =	<b>0,4518</b>

Класификација ризика:



На основу дијаграма одређено је да постојеће стање анализираног пропуста поседује Прихватљив (занемарљив/прихватљив/висок) ниво ризика.

### СЦЕНАРИО S=2 ...[Санитарно стање пропуста] :

Прва мера смањења ризика јесте примена радова на санацији путног пропуста:

**MSR(2):** \_\_\_\_\_

Поновном применом модела процене ризика, за санитарно стање путног пропуста, одређена је вредност ризика **R(2)** = \_\_\_\_\_, која према дијаграму одређује \_\_\_\_\_ (занемарљив/прихватљив/висок) ниво ризика услед примене радова на санацији пропуста.

### СЦЕНАРИО S=3 ...[Реконструисано стање пропуста]:

Друга мера смањења ризика јесте примена радова на реконструкцији путног пропуста:

**MSR(3):** \_\_\_\_\_

Поновном применом модела процене ризика, за реконструисано стање пропуста, одређена је вредност ризика **R(3)** = \_\_\_\_\_, која према дијаграму одређује \_\_\_\_\_ (занемарљив/прихватљив/висок) ниво ризика услед примене радова на реконструкцији пропуста.

### СЦЕНАРИО S=4 ...[Реконструисано стање пропуста]:

Друга мера смањења ризика јесте примена радова на реконструкцији путног пропуста:

**MSR(4):** \_\_\_\_\_

Поновном применом модела процене ризика, за реконструисано стање пропуста, одређена је вредност ризика **R(4)** = \_\_\_\_\_, која према дијаграму одређује \_\_\_\_\_ (занемарљив/прихватљив/висок) ниво ризика услед примене радова на реконструкцији пропуста.

## ИЗВЕШТАЈ О ПРОЦЕНИ РИЗИКА

од појаве преливања воде преко саобраћајнице у профилу путног пропуста на бујичном водотоку

### ПОДАЦИ О ПУТНОМ ПРОПУСТУ:

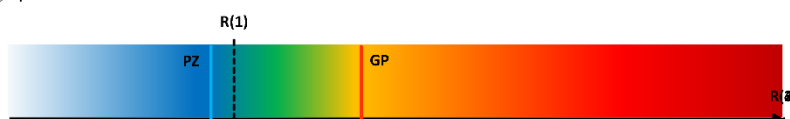
Путна деоница:	Рашка - Нови Пазар
Категорија саобраћајнице:	Државни пут 2. реда
Стационажа објекта:	236+956,47      Пропуст бр. : 4

### СЦЕНАРИО S=1 ...[Постојеће стање пропуста] :

Применом модела процене ризика за анализирани путни пропуст одређене су:

- Граничне вредности:	1. Праг значајности:	<b>PZ = 0,2603</b>
	2. Граница прихватљивости:	<b>GP = 0,4545</b>
- Вредност ризика анализирани појаве:		<b>R(1) = 0,29</b>

Класификација ризика:



На основу дијаграма одређено је да постојеће стање анализирани пропуста поседује Прихватљив (занемарљив/прихватљив/висок) ниво ризика.

### СЦЕНАРИО S=2 ...[Санитарно стање пропуста] :

Прва мера смањења ризика јесте примена радова на санацији путног пропуста:

**MSR(2):** \_\_\_\_\_

Поновном применом модела процене ризика, за санитарно стање путног пропуста, одређена је вредност ризика **R(2) = \_\_\_\_\_**, која према дијаграму одређује \_\_\_\_\_ (занемарљив/прихватљив/висок) ниво ризика услед примене радова на санацији пропуста.

### СЦЕНАРИО S=3 ...[Реконструисано стање пропуста]:

Друга мера смањења ризика јесте примена радова на реконструкцији путног пропуста:

**MSR(3):** \_\_\_\_\_

Поновном применом модела процене ризика, за реконструисано стање пропуста, одређена је вредност ризика **R(3) = \_\_\_\_\_**, која према дијаграму одређује \_\_\_\_\_ (занемарљив/прихватљив/висок) ниво ризика услед примене радова на реконструкцији пропуста.

### СЦЕНАРИО S=4 ...[Реконструисано стање пропуста]:

Друга мера смањења ризика јесте примена радова на реконструкцији путног пропуста:

**MSR(4):** \_\_\_\_\_

Поновном применом модела процене ризика, за реконструисано стање пропуста, одређена је вредност ризика **R(4) = \_\_\_\_\_**, која према дијаграму одређује \_\_\_\_\_ (занемарљив/прихватљив/висок) ниво ризика услед примене радова на реконструкцији пропуста.

## **ИЗВЕШТАЈ О ПРОЦЕНИ РИЗИКА**

од појаве преливања воде преко саобраћајнице у профилу путног пропуста на бујичном водотоку

### **ПОДАЦИ О ПУТНОМ ПРОПУСТУ:**

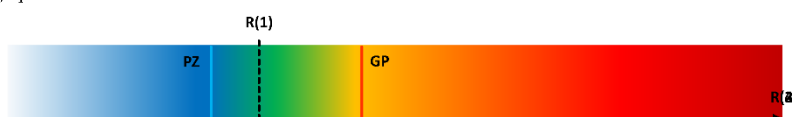
Путна деоница:	Рашка - Нови Пазар
Категорија саобраћајнице:	Државни пут 2. реда
Стационара објекта:	237+272,57      Пропуст бр. : 5

### **СЦЕНАРИО S=1 ...[Постојеће стање пропуста] :**

Применом модела процене ризика за анализирани путни пропуст одређене су:

- Граничне вредности:	1. Праг значајности:	<b>PZ =</b>	<u>0,2603</u>
	2. Граница прихватљивости:	<b>GP =</b>	<u>0,4545</u>
- Вредност ризика анализирани појаве:		<b>R(1) =</b>	<u>0,322</u>

Класификација ризика:



На основу дијаграма одређено је да постојеће стање анализираниг пропуста поседује Прихватљив (занемарљив/прихватљив/висок) ниво ризика.

### **СЦЕНАРИО S=2 ...[Санитарно стање пропуста] :**

Прва мера смањења ризика јесте примена радова на санацији путног пропуста:

**MSR(2):** \_\_\_\_\_

Поновном применом модела процене ризика, за санитарно стање путног пропуста, одређена је вредност ризика **R(2) =** \_\_\_\_\_, која према дијаграму одређује \_\_\_\_\_ (занемарљив/прихватљив/висок) ниво ризика услед примене радова на санацији пропуста.

### **СЦЕНАРИО S=3 ...[Реконструисано стање пропуста]:**

Друга мера смањења ризика јесте примена радова на реконструкцији путног пропуста:

**MSR(3):** \_\_\_\_\_

Поновном применом модела процене ризика, за реконструисано стање пропуста, одређена је вредност ризика **R(3) =** \_\_\_\_\_, која према дијаграму одређује \_\_\_\_\_ (занемарљив/прихватљив/висок) ниво ризика услед примене радова на реконструкцији пропуста.

### **СЦЕНАРИО S=4 ...[Реконструисано стање пропуста]:**

Друга мера смањења ризика јесте примена радова на реконструкцији путног пропуста:

**MSR(4):** \_\_\_\_\_

Поновном применом модела процене ризика, за реконструисано стање пропуста, одређена је вредност ризика **R(4) =** \_\_\_\_\_, која према дијаграму одређује \_\_\_\_\_ (занемарљив/прихватљив/висок) ниво ризика услед примене радова на реконструкцији пропуста.

## ИЗВЕШТАЈ О ПРОЦЕНИ РИЗИКА

од појаве преливања воде преко саобраћајнице у профилу путног пропуста на бујичном водотоку

### ПОДАЦИ О ПУТНОМ ПРОПУСТУ:

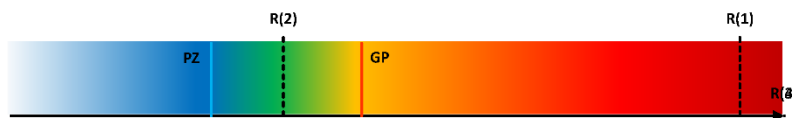
Путна деоница: Рашка - Нови Пазар  
 Категорија саобраћајнице: Државни пут 2. реда  
 Стационажа објекта: 237+347,94 Пропуст бр. : 6

### СЦЕНАРИО S=1 ...[Постојеће стање пропуста] :

Применом модела процене ризика за анализирани путни пропуст одређене су:

- Граничне вредности: 1. Праг значајности:  $PZ = 0,2603$   
 2. Граница прихватљивости:  $GP = 0,4545$   
 - Вредност ризика анализирани појаве:  $R(1) = 0,9431$

Класификација ризика:



На основу дијаграма одређено је да постојеће стање анализираниог пропуста поседује Висок (занемарљив/прихватљив/висок) ниво ризика.

### СЦЕНАРИО S=2 ...[Санирано стање пропуста] :

Прва мера смањења ризика јесте примена радова на санацији путног пропуста:

**MSR(2):** уклањање вегетације на улазу и излазу, чишћење акумулираног каменог седимента и санација оштећених бетонских површина.

Поновном применом модела процене ризика, за санирано стање путног пропуста, одређена је вредност ризика  $R(2) = 0,3534$ , која према дијаграму одређује

Прихватљив (занемарљив/прихватљив/висок) ниво ризика услед примене радова на санацији пропуста.

### СЦЕНАРИО S=3 ...[Реконструисано стање пропуста]:

Друга мера смањења ризика јесте примена радова на реконструкцији путног пропуста:

**MSR(3):** \_\_\_\_\_

Поновном применом модела процене ризика, за реконструисано стање пропуста, одређена је вредност ризика  $R(3) =$  \_\_\_\_\_, која према дијаграму одређује

\_\_\_\_\_ (занемарљив/прихватљив/висок) ниво ризика услед примене радова на реконструкцији пропуста.

### СЦЕНАРИО S=4 ...[Реконструисано стање пропуста]:

Друга мера смањења ризика јесте примена радова на реконструкцији путног пропуста:

**MSR(4):** \_\_\_\_\_

Поновном применом модела процене ризика, за реконструисано стање пропуста, одређена је вредност ризика  $R(4) =$  \_\_\_\_\_, која према дијаграму одређује

\_\_\_\_\_ (занемарљив/прихватљив/висок) ниво ризика услед примене радова на реконструкцији пропуста.

## **ИЗВЕШТАЈ О ПРОЦЕНИ РИЗИКА**

од појаве преливања воде преко саобраћајнице у профилу путног пропуста на бујичном водотоку

### **ПОДАЦИ О ПУТНОМ ПРОПУСТУ:**

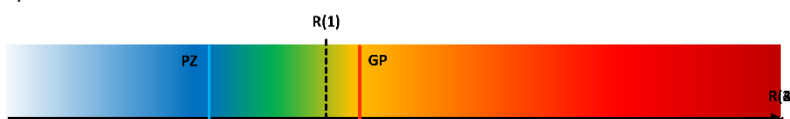
Путна деоница:	Рапка - Нови Пазар
Категорија саобраћајнице:	Државни пут 2. реда
Стационаража објекта:	237+474,57 Пропуст бр. : 7

### **СЦЕНАРИО S=1 ...[Постојеће стање пропуста] :**

Применом модела процене ризика за анализирани путни пропуст одређене су:

- Граничне вредности:	1. Праг значајности: $PZ = 0,2603$
	2. Граница прихватљивости: $GP = 0,4545$
- Вредност ризика анализирани појаве:	$R(1) = 0,4112$

Класификација ризика:



На основу дијаграма одређено је да постојеће стање анализираниог пропуста поседује Прихватљив (занемарљив/прихватљив/висок) ниво ризика.

### **СЦЕНАРИО S=2 ...[Санирано стање пропуста] :**

Прва мера смањења ризика јесте примена радова на санацији путног пропуста:

**MSR(2):** \_\_\_\_\_

Поновном применом модела процене ризика, за санирано стање путног пропуста, одређена је вредност ризика  $R(2) =$  \_\_\_\_\_, која према дијаграму одређује \_\_\_\_\_ (занемарљив/прихватљив/висок) ниво ризика услед примене радова на санацији пропуста.

### **СЦЕНАРИО S=3 ...[Реконструисано стање пропуста]:**

Друга мера смањења ризика јесте примена радова на реконструкцији путног пропуста:

**MSR(3):** \_\_\_\_\_

Поновном применом модела процене ризика, за реконструисано стање пропуста, одређена је вредност ризика  $R(3) =$  \_\_\_\_\_, која према дијаграму одређује \_\_\_\_\_ (занемарљив/прихватљив/висок) ниво ризика услед примене радова на реконструкцији пропуста.

### **СЦЕНАРИО S=4 ...[Реконструисано стање пропуста]:**

Друга мера смањења ризика јесте примена радова на реконструкцији путног пропуста:

**MSR(4):** \_\_\_\_\_

Поновном применом модела процене ризика, за реконструисано стање пропуста, одређена је вредност ризика  $R(4) =$  \_\_\_\_\_, која према дијаграму одређује \_\_\_\_\_ (занемарљив/прихватљив/висок) ниво ризика услед примене радова на реконструкцији пропуста.

## **ИЗВЕШТАЈ О ПРОЦЕНИ РИЗИКА**

од појаве преливања воде преко саобраћајнице у профилу путног пропуста на бујичном водотоку

### **ПОДАЦИ О ПУТНОМ ПРОПУСТУ:**

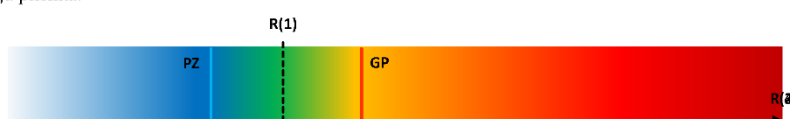
Путна деоница:	Рашка - Нови Пазар	
Категорија саобраћајнице:	Државни пут 2. реда	
Стационажа објекта:	238+156,69	Пропуст бр. : 8

### **СЦЕНАРИО S=1 ...[Постојеће стање пропуста] :**

Применом модела процене ризика за анализирани путни пропуст одређене су:

- Граничне вредности:	1. Праг значајности:	<b>PZ =</b>	<u>0,2603</u>
	2. Граница прихватљивости:	<b>GP =</b>	<u>0,4545</u>
- Вредност ризика анализирани појаве:		<b>R(1) =</b>	<u>0,3532</u>

Класификација ризика:



На основу дијаграма одређено је да постојеће стање анализираниог пропуста поседује Прихватљив (занемарљив/прихватљив/висок) ниво ризика.

### **СЦЕНАРИО S=2 ...[Санитарно стање пропуста] :**

Прва мера смањења ризика јесте примена радова на санацији путног пропуста:

**MSR(2):** \_\_\_\_\_

Поновном применом модела процене ризика, за санитарно стање путног пропуста, одређена је вредност ризика **R(2) =** \_\_\_\_\_, која према дијаграму одређује

\_\_\_\_\_ (занемарљив/прихватљив/висок) ниво ризика услед примене радова на санацији пропуста.

### **СЦЕНАРИО S=3 ...[Реконструисано стање пропуста]:**

Друга мера смањења ризика јесте примена радова на реконструкцији путног пропуста:

**MSR(3):** \_\_\_\_\_

Поновном применом модела процене ризика, за реконструисано стање пропуста, одређена је вредност ризика **R(3) =** \_\_\_\_\_, која према дијаграму одређује

\_\_\_\_\_ (занемарљив/прихватљив/висок) ниво ризика услед примене радова на реконструкцији пропуста.

### **СЦЕНАРИО S=4 ...[Реконструисано стање пропуста]:**

Друга мера смањења ризика јесте примена радова на реконструкцији путног пропуста:

**MSR(4):** \_\_\_\_\_

Поновном применом модела процене ризика, за реконструисано стање пропуста, одређена је вредност ризика **R(4) =** \_\_\_\_\_, која према дијаграму одређује

\_\_\_\_\_ (занемарљив/прихватљив/висок) ниво ризика услед примене радова на реконструкцији пропуста.

## ИЗВЕШТАЈ О ПРОЦЕНИ РИЗИКА

од појаве преливања воде преко саобраћајнице у профилу путног пропуста на бујичном водотоку

### ПОДАЦИ О ПУТНОМ ПРОПУСТУ:

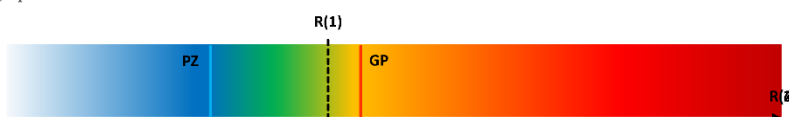
Путна деоница:	Рашка - Нови Пазар	
Категорија саобраћајнице:	Државни пут 2. реда	
Стационажа објекта:	238+292,19	Пропуст бр. : 9

### СЦЕНАРИО S=1 ...[Постојеће стање пропуста] :

Применом модела процене ризика за анализирани путни пропуст одређене су:

- Граничне вредности:	1. Праг значајности:	<b>PZ = 0,2603</b>
	2. Граница прихватљивости:	<b>GP = 0,4545</b>
- Вредност ризика анализиране појаве:		<b>R(1) = 0,4123</b>

Класификација ризика:



На основу дијаграма одређено је да постојеће стање анализираног пропуста поседује Прихватљив (занемарљив/прихватљив/висок) ниво ризика.

### СЦЕНАРИО S=2 ...[Санитарно стање пропуста] :

Прва мера смањења ризика јесте примена радова на санацији путног пропуста:

**MSR(2):** \_\_\_\_\_

Поновном применом модела процене ризика, за санитарно стање путног пропуста, одређена је вредност ризика **R(2) = \_\_\_\_\_**, која према дијаграму одређује

\_\_\_\_\_ (занемарљив/прихватљив/висок) ниво ризика услед примене радова на санацији пропуста.

### СЦЕНАРИО S=3 ...[Реконструисано стање пропуста]:

Друга мера смањења ризика јесте примена радова на реконструкцији путног пропуста:

**MSR(3):** \_\_\_\_\_

Поновном применом модела процене ризика, за реконструисано стање пропуста, одређена је вредност ризика **R(3) = \_\_\_\_\_**, која према дијаграму одређује

\_\_\_\_\_ (занемарљив/прихватљив/висок) ниво ризика услед примене радова на реконструкцији пропуста.

### СЦЕНАРИО S=4 ...[Реконструисано стање пропуста]:

Друга мера смањења ризика јесте примена радова на реконструкцији путног пропуста:

**MSR(4):** \_\_\_\_\_

Поновном применом модела процене ризика, за реконструисано стање пропуста, одређена је вредност ризика **R(4) = \_\_\_\_\_**, која према дијаграму одређује

\_\_\_\_\_ (занемарљив/прихватљив/висок) ниво ризика услед примене радова на реконструкцији пропуста.

## ИЗВЕШТАЈ О ПРОЦЕНИ РИЗИКА

од појаве преливања воде преко саобраћајнице у профилу путног пропуста на бујичном водотоку

### ПОДАЦИ О ПУТНОМ ПРОПУСТУ:

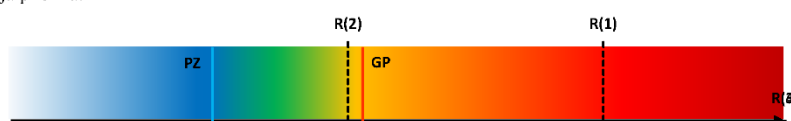
Путна деоница:	Рашка - Нови Пазар
Категорија саобраћајнице:	Државни пут 2. реда
Стационажа објекта:	238+490,45      Пропуст бр. : 10

### СЦЕНАРИО S=1 ...[Постојеће стање пропуста] :

Применом модела процене ризика за анализирани путни пропуст одређене су:

- Граничне вредности:	1. Праг значајности:	<b>PZ = 0,2603</b>
	2. Граница прихватљивости:	<b>GP = 0,4545</b>
- Вредност ризика анализирани појаве:		<b>R(1) = 0,7652</b>

Класификација ризика:



На основу дијаграма одређено је да постојеће стање анализирани пропуста поседује Висок (занемарљив/прихватљив/висок) ниво ризика.

### СЦЕНАРИО S=2 ...[Санирани стање пропуста] :

Прва мера смањења ризика јесте примена радова на санацији путног пропуста:

**MSR(2):** уклањање вегетације на улазу и излазу, чишћење акумулираног каменог седимента и санација оштећених бетонских површина.

Поновном применом модела процене ризика, за санирани стање путног пропуста, одређена је вредност ризика **R(2) = 0,4355**, која према дијаграму одређује

Прихватљив (занемарљив/прихватљив/висок) ниво ризика услед примене радова на санацији пропуста.

### СЦЕНАРИО S=3 ...[Реконструисано стање пропуста]:

Друга мера смањења ризика јесте примена радова на реконструкцији путног пропуста:

**MSR(3):** \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_

Поновном применом модела процене ризика, за реконструисано стање пропуста, одређена је вредност ризика **R(3) = \_\_\_\_\_**, која према дијаграму одређује

\_\_\_\_\_ (занемарљив/прихватљив/висок) ниво ризика услед примене радова на реконструкцији пропуста.

### СЦЕНАРИО S=4 ...[Реконструисано стање пропуста]:

Друга мера смањења ризика јесте примена радова на реконструкцији путног пропуста:

**MSR(4):** \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_

Поновном применом модела процене ризика, за реконструисано стање пропуста, одређена је вредност ризика **R(4) = \_\_\_\_\_**, која према дијаграму одређује

\_\_\_\_\_ (занемарљив/прихватљив/висок) ниво ризика услед примене радова на реконструкцији пропуста.



## ИЗВЕШТАЈ О ПРОЦЕНИ РИЗИКА

од појаве преливања воде преко саобраћајнице у профилу путног пропуста на бујичном водотоку

### ПОДАЦИ О ПУТНОМ ПРОПУСТУ:

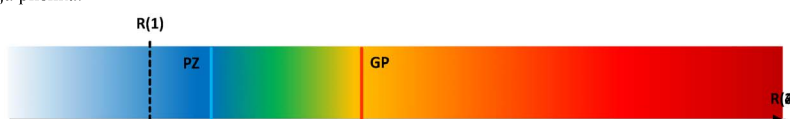
Путна деоница:	Рашка - Нови Пазар	
Категорија саобраћајнице:	Државни пут 2. реда	
Стационажа објекта:	238+669,13	Пропуст бр. : 11

### СЦЕНАРИО S=1 ...[Постојеће стање пропуста] :

Применом модела процене ризика за анализирани путни пропуст одређене су:

- Граничне вредности:	1. Праг значајности:	<b>PZ</b> =	0,2603
	2. Граница прихватљивости:	<b>GP</b> =	0,4545
- Вредност ризика анализирани појаве:		<b>R(1)</b> =	0,1812

Класификација ризика:



На основу дијаграма одређено је да постојеће стање анализираниог пропуста поседује Занемарљив (занемарљив/прихватљив/висок) ниво ризика.

### СЦЕНАРИО S=2 ...[Санитарно стање пропуста] :

Прва мера смањења ризика јесте примена радова на санацији путног пропуста:

**MSR(2):** \_\_\_\_\_

Поновном применом модела процене ризика, за санитарно стање путног пропуста, одређена је вредност ризика **R(2)** = \_\_\_\_\_, која према дијаграму одређује

\_\_\_\_\_ (занемарљив/прихватљив/висок) ниво ризика услед примене радова на санацији пропуста.

### СЦЕНАРИО S=3 ...[Реконструисано стање пропуста]:

Друга мера смањења ризика јесте примена радова на реконструкцији путног пропуста:

**MSR(3):** \_\_\_\_\_

Поновном применом модела процене ризика, за реконструисано стање пропуста, одређена је вредност ризика **R(3)** = \_\_\_\_\_, која према дијаграму одређује

\_\_\_\_\_ (занемарљив/прихватљив/висок) ниво ризика услед примене радова на реконструкцији пропуста.

### СЦЕНАРИО S=4 ...[Реконструисано стање пропуста]:

Друга мера смањења ризика јесте примена радова на реконструкцији путног пропуста:

**MSR(4):** \_\_\_\_\_

Поновном применом модела процене ризика, за реконструисано стање пропуста, одређена је вредност ризика **R(4)** = \_\_\_\_\_, која према дијаграму одређује

\_\_\_\_\_ (занемарљив/прихватљив/висок) ниво ризика услед примене радова на реконструкцији пропуста.

## ИЗВЕШТАЈ О ПРОЦЕНИ РИЗИКА

од појаве преливања воде преко саобраћајнице у профилу путног пропуста на бујичном водотоку

### ПОДАЦИ О ПУТНОМ ПРОПУСТУ:

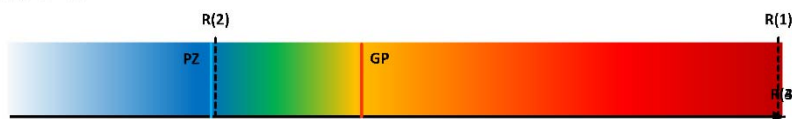
Путна деоница:	Рашка - Нови Пазар
Категорија саобраћајнице:	Државни пут 2. реда
Стационажа објекта:	238+766,17      Пропуст бр. : 12

### СЦЕНАРИО S=1 ...[Постојеће стање пропуста] :

Применом модела процене ризика за анализирани путни пропуст одређене су:

- Граничне вредности:	1. Праг значајности:	<b>PZ = 0,2603</b>
	2. Граница прихватљивости:	<b>GP = 0,4545</b>
- Вредност ризика анализираних појава:		<b>R(1) = 0,993</b>

Класификација ризика:



На основу дијаграма одређено је да постојеће стање анализираних пропуста поседује Висок (занемарљив/прихватљив/висок) ниво ризика.

### СЦЕНАРИО S=2 ...[Санирано стање пропуста] :

Прва мера смањења ризика јесте примена радова на санацији путног пропуста:

**MSR(2):** уклањање вегетације на улазу и излазу, чишћење акумулираног каменог седимента и санација оштећених бетонских површина.

Поновном применом модела процене ризика, за санирано стање путног пропуста, одређена је вредност ризика **R(2) = 0,2659**, која према дијаграму одређује Прихватљив (занемарљив/прихватљив/висок) ниво ризика услед примене радова на санацији пропуста.

### СЦЕНАРИО S=3 ...[Реконструисано стање пропуста]:

Друга мера смањења ризика јесте примена радова на реконструкцији путног пропуста:

**MSR(3):** \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_

Поновном применом модела процене ризика, за реконструисано стање пропуста, одређена је вредност ризика **R(3) = \_\_\_\_\_**, која према дијаграму одређује \_\_\_\_\_ (занемарљив/прихватљив/висок) ниво ризика услед примене радова на реконструкцији пропуста.

### СЦЕНАРИО S=4 ...[Реконструисано стање пропуста]:

Друга мера смањења ризика јесте примена радова на реконструкцији путног пропуста:

**MSR(4):** \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_

Поновном применом модела процене ризика, за реконструисано стање пропуста, одређена је вредност ризика **R(4) = \_\_\_\_\_**, која према дијаграму одређује \_\_\_\_\_ (занемарљив/прихватљив/висок) ниво ризика услед примене радова на реконструкцији пропуста.

## **ИЗВЕШТАЈ О ПРОЦЕНИ РИЗИКА**

од појаве преливања воде преко саобраћајнице у профилу путног пропуста на бујичном водотоку

### **ПОДАЦИ О ПУТНОМ ПРОПУСТУ:**

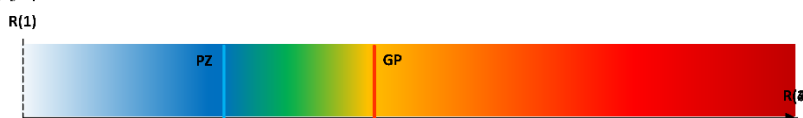
Путна деоница:	Рашка - Нови Пазар
Категорија саобраћајнице:	Државни пут 2. реда
Стационажа објекта:	238+915,57      Пропуст бр. : 13

### **СЦЕНАРИО S=1 ...[Постојеће стање пропуста] :**

Применом модела процене ризика за анализирани путни пропуст одређене су:

- Граничне вредности: 1. Праг значајности:	<b>PZ = 0,2603</b>
2. Граница прихватљивости:	<b>GP = 0,4545</b>
- Вредност ризика анализирани појаве:	<b>R(1) = 0</b>

Класификација ризика:



На основу дијаграма одређено је да постојеће стање анализирани пропуста поседује

Занемарљив (занемарљив/прихватљив/висок) ниво ризика.

### **СЦЕНАРИО S=2 ...[Санитарно стање пропуста] :**

Прва мера смањења ризика јесте примена радова на санацији путног пропуста:

**MSR(2):** \_\_\_\_\_

Поновном применом модела процене ризика, за санитарно стање путног пропуста, одређена је вредност ризика **R(2) = \_\_\_\_\_**, која према дијаграму одређује

\_\_\_\_\_ (занемарљив/прихватљив/висок) ниво ризика услед примене радова на санацији пропуста.

### **СЦЕНАРИО S=3 ...[Реконструисано стање пропуста]:**

Друга мера смањења ризика јесте примена радова на реконструкцији путног пропуста:

**MSR(3):** \_\_\_\_\_

Поновном применом модела процене ризика, за реконструисано стање пропуста, одређена је вредност ризика **R(3) = \_\_\_\_\_**, која према дијаграму одређује

\_\_\_\_\_ (занемарљив/прихватљив/висок) ниво ризика услед примене радова на реконструкцији пропуста.

### **СЦЕНАРИО S=4 ...[Реконструисано стање пропуста]:**

Друга мера смањења ризика јесте примена радова на реконструкцији путног пропуста:

**MSR(4):** \_\_\_\_\_

Поновном применом модела процене ризика, за реконструисано стање пропуста, одређена је вредност ризика **R(4) = \_\_\_\_\_**, која према дијаграму одређује

\_\_\_\_\_ (занемарљив/прихватљив/висок) ниво ризика услед примене радова на реконструкцији пропуста.

## ИЗВЕШТАЈ О ПРОЦЕНИ РИЗИКА

од појаве преливања воде преко саобраћајнице у профилу путног пропуста на бујичном водотоку

### ПОДАЦИ О ПУТНОМ ПРОПУСТУ:

Путна деоница: \_\_\_\_\_ Рашка - Нови Пазар  
 Категорија саобраћајнице: \_\_\_\_\_ Државни пут 2. реда  
 Стационажа објекта: \_\_\_\_\_ 239+173,11 \_\_\_\_\_ Пропуст бр. : 14

### СЦЕНАРИО S=1 ...[Постојеће стање пропуста] :

Применом модела процене ризика за анализирани путни пропуст одређене су:

- Граничне вредности: 1. Праг значајности:  $PZ = \underline{0,2603}$   
 2. Граница прихватљивости:  $GP = \underline{0,4545}$   
 - Вредност ризика анализирани појаве:  $R(1) = \underline{0}$

Класификација ризика:



На основу дијаграма одређено је да постојеће стање анализираниг пропуста поседује Занемарљив (занемарљив/прихватљив/висок) ниво ризика.

### СЦЕНАРИО S=2 ...[Санитарно стање пропуста] :

Прва мера смањења ризика јесте примена радова на санацији путног пропуста:

**MSR(2):** \_\_\_\_\_

Поновном применом модела процене ризика, за санитарно стање путног пропуста, одређена је вредност ризика  $R(2) = \underline{\hspace{2cm}}$ , која према дијаграму одређује

\_\_\_\_\_ (занемарљив/прихватљив/висок) ниво ризика услед примене радова на санацији пропуста.

### СЦЕНАРИО S=3 ...[Реконструисано стање пропуста]:

Друга мера смањења ризика јесте примена радова на реконструкцији путног пропуста:

**MSR(3):** \_\_\_\_\_

Поновном применом модела процене ризика, за реконструисано стање пропуста, одређена је вредност ризика  $R(3) = \underline{\hspace{2cm}}$ , која према дијаграму одређује

\_\_\_\_\_ (занемарљив/прихватљив/висок) ниво ризика услед примене радова на реконструкцији пропуста.

### СЦЕНАРИО S=4 ...[Реконструисано стање пропуста]:

Друга мера смањења ризика јесте примена радова на реконструкцији путног пропуста:

**MSR(4):** \_\_\_\_\_

Поновном применом модела процене ризика, за реконструисано стање пропуста, одређена је вредност ризика  $R(4) = \underline{\hspace{2cm}}$ , која према дијаграму одређује

\_\_\_\_\_ (занемарљив/прихватљив/висок) ниво ризика услед примене радова на реконструкцији пропуста.

## ИЗВЕШТАЈ О ПРОЦЕНИ РИЗИКА

од појаве преливања воде преко саобраћајнице у профилу путног пропуста на бујичном водотоку

### ПОДАЦИ О ПУТНОМ ПРОПУСТУ:

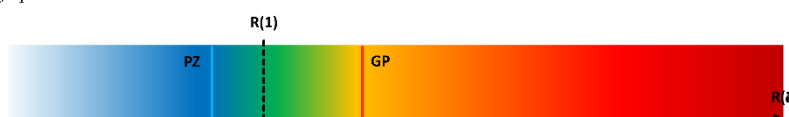
Путна деоница: Рашка - Нови Пазар  
 Категорија саобраћајнице: Државни пут 2. реда  
 Стационажа објекта: 239+319,67 Пропуст бр.: 15

### СЦЕНАРИО S=1 ...[Постојеће стање пропуста] :

Применом модела процене ризика за анализирани путни пропуст одређене су:

- Граничне вредности: 1. Праг значајности: **PZ = 0,2603**  
 2. Граница прихватљивости: **GP = 0,4545**  
 - Вредност ризика анализиране појаве: **R(1) = 0,3273**

Класификација ризика:



На основу дијаграма одређено је да постојеће стање анализираног пропуста поседује Прихватљив (занемарљив/прихватљив/висок) ниво ризика.

### СЦЕНАРИО S=2 ...[Санирано стање пропуста] :

Прва мера смањења ризика јесте примена радова на санацији путног пропуста:

**MSR(2):** \_\_\_\_\_

Поновном применом модела процене ризика, за санирано стање путног пропуста, одређена је вредност ризика **R(2) = \_\_\_\_\_**, која према дијаграму одређује \_\_\_\_\_ (занемарљив/прихватљив/висок) ниво ризика услед примене радова на санацији пропуста.

### СЦЕНАРИО S=3 ...[Реконструисано стање пропуста]:

Друга мера смањења ризика јесте примена радова на реконструкцији путног пропуста:

**MSR(3):** \_\_\_\_\_

Поновном применом модела процене ризика, за реконструисано стање пропуста, одређена је вредност ризика **R(3) = \_\_\_\_\_**, која према дијаграму одређује \_\_\_\_\_ (занемарљив/прихватљив/висок) ниво ризика услед примене радова на реконструкцији пропуста.

### СЦЕНАРИО S=4 ...[Реконструисано стање пропуста]:

Друга мера смањења ризика јесте примена радова на реконструкцији путног пропуста:

**MSR(4):** \_\_\_\_\_

Поновном применом модела процене ризика, за реконструисано стање пропуста, одређена је вредност ризика **R(4) = \_\_\_\_\_**, која према дијаграму одређује \_\_\_\_\_ (занемарљив/прихватљив/висок) ниво ризика услед примене радова на реконструкцији пропуста.

## ИЗВЕШТАЈ О ПРОЦЕНИ РИЗИКА

од појаве преливања воде преко саобраћајнице у профилу путног пропуста на бујичном водотоку

### ПОДАЦИ О ПУТНОМ ПРОПУСТУ:

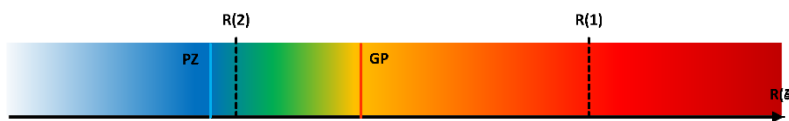
Путна деоница:	Рашка - Нови Пазар	
Категорија саобраћајнице:	Државни пут 2. реда	
Стационажа објекта:	239+472,49	Пропуст бр. : 16

### СЦЕНАРИО S=1 ...[Постојеће стање пропуста] :

Применом модела процене ризика за анализирани путни пропуст одређене су:

- Граничне вредности:	1. Праг значајности:	<b>PZ = 0,2603</b>
	2. Граница прихватљивости:	<b>GP = 0,4545</b>
- Вредност ризика анализирани појаве:		<b>R(1) = 0,749</b>

Класификација ризика:



На основу дијаграма одређено је да постојеће стање анализираниг пропуста поседује Висок (занемарљив/прихватљив/висок) ниво ризика.

### СЦЕНАРИО S=2 ...[Санирано стање пропуста] :

Прва мера смањења ризика јесте примена радова на санацији путног пропуста:

**MSR(2):** уклањање вегетације на улазу и излазу, чишћење акумулираног каменог седимента и санација оштећених бетонских површина.

Поновном применом модела процене ризика, за санирано стање путног пропуста, одређена је вредност ризика **R(2) = 0,2934**, која према дијаграму одређује

Прихватљив (занемарљив/прихватљив/висок) ниво ризика услед примене радова на санацији пропуста.

### СЦЕНАРИО S=3 ...[Реконструисано стање пропуста]:

Друга мера смањења ризика јесте примена радова на реконструкцији путног пропуста:

**MSR(3):** \_\_\_\_\_

Поновном применом модела процене ризика, за реконструисано стање пропуста, одређена је вредност ризика **R(3) = \_\_\_\_\_**, која према дијаграму одређује

\_\_\_\_\_ (занемарљив/прихватљив/висок) ниво ризика услед примене радова на реконструкцији пропуста.

### СЦЕНАРИО S=4 ...[Реконструисано стање пропуста]:

Друга мера смањења ризика јесте примена радова на реконструкцији путног пропуста:

**MSR(4):** \_\_\_\_\_

Поновном применом модела процене ризика, за реконструисано стање пропуста, одређена је вредност ризика **R(4) = \_\_\_\_\_**, која према дијаграму одређује

\_\_\_\_\_ (занемарљив/прихватљив/висок) ниво ризика услед примене радова на реконструкцији пропуста.

## ИЗВЕШТАЈ О ПРОЦЕНИ РИЗИКА

од појаве преливања воде преко саобраћајнице у профилу путног пропуста на бујичном водотоку

### ПОДАЦИ О ПУТНОМ ПРОПУСТУ:

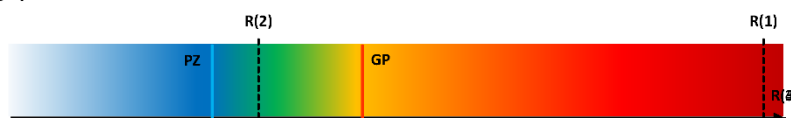
Путна деоница: Рашка - Нови Пазар  
 Категорија саобраћајнице: Државни пут 2. реда  
 Стационажа објекта: 239+719,77 Пропуст бр.: 17

### СЦЕНАРИО S=1 ...[Постојеће стање пропуста] :

Применом модела процене ризика за анализирани путни пропуст одређене су:

- Граничне вредности: 1. Праг значајности:  $PZ = 0,2603$   
 2. Граница прихватљивости:  $GP = 0,4545$   
 - Вредност ризика анализирани појаве:  $R(1) = 0,9726$

Класификација ризика:



На основу дијаграма одређено је да постојеће стање анализирани пропуста поседује Висок (занемарљив/прихватљив/висок) ниво ризика.

### СЦЕНАРИО S=2 ...[Санитарно стање пропуста] :

Прва мера смањења ризика јесте примена радова на санацији путног пропуста:

MSR(2): уклањање вегетације на улазу и излазу, чишћење акумулираног каменог седимента и санација оштећених бетонских површина.

Поновном применом модела процене ризика, за санитарно стање путног пропуста, одређена је вредност ризика  $R(2) = 0,3201$ , која према дијаграму одређује

Прихватљив (занемарљив/прихватљив/висок) ниво ризика услед примене радова на санацији пропуста.

### СЦЕНАРИО S=3 ...[Реконструисано стање пропуста]:

Друга мера смањења ризика јесте примена радова на реконструкцији путног пропуста:

MSR(3): \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_

Поновном применом модела процене ризика, за реконструисано стање пропуста, одређена је вредност ризика  $R(3) =$  \_\_\_\_\_, која према дијаграму одређује

\_\_\_\_\_ (занемарљив/прихватљив/висок) ниво ризика услед примене радова на реконструкцији пропуста.

### СЦЕНАРИО S=4 ...[Реконструисано стање пропуста]:

Друга мера смањења ризика јесте примена радова на реконструкцији путног пропуста:

MSR(4): \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_

Поновном применом модела процене ризика, за реконструисано стање пропуста, одређена је вредност ризика  $R(4) =$  \_\_\_\_\_, која према дијаграму одређује

\_\_\_\_\_ (занемарљив/прихватљив/висок) ниво ризика услед примене радова на реконструкцији пропуста.

## ИЗВЕШТАЈ О ПРОЦЕНИ РИЗИКА

од појаве преливања воде преко саобраћајнице у профилу путног пропуста на бујичном водотоку

### ПОДАЦИ О ПУТНОМ ПРОПУСТУ:

Путна деоница:	Рашка - Нови Пазар	
Категорија саобраћајнице:	Државни пут 2. реда	
Стационажа објекта:	239+997,62	Пропуст бр. : 18

### СЦЕНАРИО S=1 ...[Постојеће стање пропуста] :

Применом модела процене ризика за анализирани путни пропуст одређене су:

- Граничне вредности:	1. Праг значајности:	<b>PZ = 0,2603</b>
	2. Граница прихватљивости:	<b>GP = 0,4545</b>
- Вредност ризика анализирани појаве:		<b>R(1) = 0,8677</b>

Класификација ризика:



На основу дијаграма одређено је да постојеће стање анализираниг пропуста поседује Висок (занемарљив/прихватљив/висок) ниво ризика.

### СЦЕНАРИО S=2 ...[Санирано стање пропуста] :

Прва мера смањења ризика јесте примена радова на санацији путног пропуста:

**MSR(2):** уклањање вегетације на улазу и излазу, чишћење акумулираног каменог седимента и санација оштећених бетонских површина.

Поновном применом модела процене ризика, за санирано стање путног пропуста, одређена је вредност ризика **R(2) = 0,0749**, која према дијаграму одређује

Занемарљив (занемарљив/прихватљив/висок) ниво ризика услед примене радова на санацији пропуста.

### СЦЕНАРИО S=3 ...[Реконструисано стање пропуста]:

Друга мера смањења ризика јесте примена радова на реконструкцији путног пропуста:

**MSR(3):** \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_

Поновном применом модела процене ризика, за реконструисано стање пропуста, одређена је вредност ризика **R(3) = \_\_\_\_\_**, која према дијаграму одређује

\_\_\_\_\_ (занемарљив/прихватљив/висок) ниво ризика услед примене радова на реконструкцији пропуста.

### СЦЕНАРИО S=4 ...[Реконструисано стање пропуста]:

Друга мера смањења ризика јесте примена радова на реконструкцији путног пропуста:

**MSR(4):** \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_

Поновном применом модела процене ризика, за реконструисано стање пропуста, одређена је вредност ризика **R(4) = \_\_\_\_\_**, која према дијаграму одређује

\_\_\_\_\_ (занемарљив/прихватљив/висок) ниво ризика услед примене радова на реконструкцији пропуста.



## ИЗВЕШТАЈ О ПРОЦЕНИ РИЗИКА

од појаве преливања воде преко саобраћајнице у профилу путног пропуста на бујичном водотоку

### ПОДАЦИ О ПУТНОМ ПРОПУСТУ:

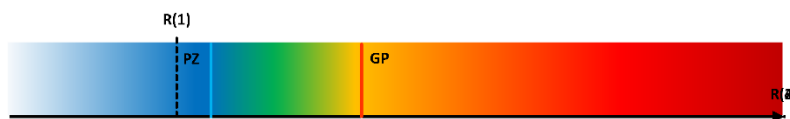
Путна деоница:	Рашка - Нови Пазар
Категорија саобраћајнице:	Државни пут 2. реда
Стационажа објекта:	240+279,11 Пропуст бр. : 19

### СЦЕНАРИО S=1 ...[Постојеће стање пропуста] :

Применом модела процене ризика за анализирани путни пропуст одређене су:

- Граничне вредности:	1. Праг значајности:	<b>PZ = 0,2603</b>
	2. Граница прихватљивости:	<b>GP = 0,4545</b>
- Вредност ризика анализирани појаве:		<b>R(1) = 0,2158</b>

Класификација ризика:



На основу дијаграма одређено је да постојеће стање анализираниг пропуста поседује Занемарљив (занемарљив/прихватљив/висок) ниво ризика.

### СЦЕНАРИО S=2 ...[Санитарно стање пропуста] :

Прва мера смањења ризика јесте примена радова на санацији путног пропуста:

**MSR(2):** \_\_\_\_\_

Поновном применом модела процене ризика, за санитарно стање путног пропуста, одређена је вредност ризика **R(2) = \_\_\_\_\_**, која према дијаграму одређује \_\_\_\_\_ (занемарљив/прихватљив/висок) ниво ризика услед примене радова на санацији пропуста.

### СЦЕНАРИО S=3 ...[Реконструисано стање пропуста]:

Друга мера смањења ризика јесте примена радова на реконструкцији путног пропуста:

**MSR(3):** \_\_\_\_\_

Поновном применом модела процене ризика, за реконструисано стање пропуста, одређена је вредност ризика **R(3) = \_\_\_\_\_**, која према дијаграму одређује \_\_\_\_\_ (занемарљив/прихватљив/висок) ниво ризика услед примене радова на реконструкцији пропуста.

### СЦЕНАРИО S=4 ...[Реконструисано стање пропуста]:

Друга мера смањења ризика јесте примена радова на реконструкцији путног пропуста:

**MSR(4):** \_\_\_\_\_

Поновном применом модела процене ризика, за реконструисано стање пропуста, одређена је вредност ризика **R(4) = \_\_\_\_\_**, која према дијаграму одређује \_\_\_\_\_ (занемарљив/прихватљив/висок) ниво ризика услед примене радова на реконструкцији пропуста.

## ИЗВЕШТАЈ О ПРОЦЕНИ РИЗИКА

од појаве преливања воде преко саобраћајнице у профилу путног пропуста на бујичном водотоку

### ПОДАЦИ О ПУТНОМ ПРОПУСТУ:

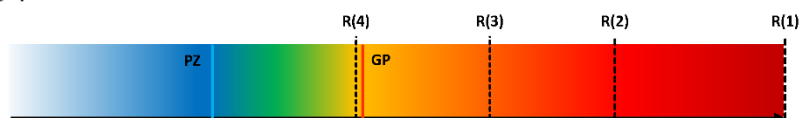
Путна деоница: Рашка - Нови Пазар  
 Категорија саобраћајнице: Државни пут 2. реда  
 Стационажа објекта: 241+027,08 Пропуст бр.: 20

### СЦЕНАРИО S=1 ...[Постојеће стање пропуста] :

Применом модела процене ризика за анализирани путни пропуст одређене су:

- Граничне вредности: 1. Праг значајности:  $PZ = 0,2603$   
 2. Граница прихватљивости:  $GP = 0,4545$   
 - Вредност ризика анализирани појаве:  $R(1) = 1$

Класификација ризика:



На основу дијаграма одређено је да постојеће стање анализирани пропуста поседује Висок (занемарљив/прихватљив/висок) ниво ризика.

### СЦЕНАРИО S=2 ...[Санирано стање пропуста] :

Прва мера смањења ризика јесте примена радова на санацији путног пропуста:

**MSR(2):** уклањање вегетације на улазу и излазу, чишћење акумулираног каменог седимента и санација оштећених бетонских површина.

Поновном применом модела процене ризика, за санирано стање путног пропуста, одређена је вредност ризика  $R(2) = 0,7802$ , која према дијаграму одређује

Висок (занемарљив/прихватљив/висок) ниво ризика услед примене радова на санацији пропуста.

### СЦЕНАРИО S=3 ...[Реконструисано стање пропуста]:

Друга мера смањења ризика јесте примена радова на реконструкцији путног пропуста:

**MSR(3):** хидрауличко обликовање улаза

Поновном применом модела процене ризика, за реконструисано стање пропуста, одређена је вредност ризика  $R(3) = 0,6186$ , која према дијаграму одређује

Висок (занемарљив/прихватљив/висок) ниво ризика услед примене радова на реконструкцији пропуста.

### СЦЕНАРИО S=4 ...[Реконструисано стање пропуста]:

Друга мера смањења ризика јесте примена радова на реконструкцији путног пропуста:

**MSR(4):** хидрауличко обликовање улаза  
уређење водотока

Поновном применом модела процене ризика, за реконструисано стање пропуста, одређена је вредност ризика  $R(4) = 0,4458$ , која према дијаграму одређује

Прихватљив (занемарљив/прихватљив/висок) ниво ризика услед примене радова на реконструкцији пропуста.

## ИЗВЕШТАЈ О ПРОЦЕНИ РИЗИКА

од појаве преливања воде преко саобраћајнице у профилу путног пропуста на бујичном водотоку

### ПОДАЦИ О ПУТНОМ ПРОПУСТУ:

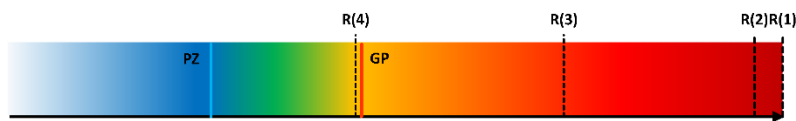
Путна деоница: Рашка - Нови Пазар  
 Категорија саобраћајнице: Државни пут 2. реда  
 Стационажа објекта: 241+492,58 Пропуст бр. : 21

### СЦЕНАРИО S=1 ...[Постојеће стање пропуста] :

Применом модела процене ризика за анализирани путни пропуст одређене су:

- Граничне вредности: 1. Праг значајности:  $PZ = 0,2603$   
 2. Граница прихватљивости:  $GP = 0,4545$   
 - Вредност ризика анализираних појава:  $R(1) = 0,9985$

Класификација ризика:



На основу дијаграма одређено је да постојеће стање анализираних пропуста поседује Висок (занемарљив/прихватљив/висок) ниво ризика.

### СЦЕНАРИО S=2 ...[Санирано стање пропуста] :

Прва мера смањења ризика јесте примена радова на санацији путног пропуста:

**MSR(2):** уклањање вегетације на улазу и излазу, чишћење акумулираног каменог седимента и санација оштећених бетонских површина.

Поновном применом модела процене ризика, за санирано стање путног пропуста, одређена је вредност ризика  $R(2) = 0,962$ , која према дијаграму одређује Висок (занемарљив/прихватљив/висок) ниво ризика услед примене радова на санацији пропуста.

### СЦЕНАРИО S=3 ...[Реконструисано стање пропуста]:

Друга мера смањења ризика јесте примена радова на реконструкцији путног пропуста:

**MSR(3):** хидраулично обликовање улаза

Поновном применом модела процене ризика, за реконструисано стање пропуста, одређена је вредност ризика  $R(3) = 0,7158$ , која према дијаграму одређује Висок (занемарљив/прихватљив/висок) ниво ризика услед примене радова на реконструкцији пропуста.

### СЦЕНАРИО S=4 ...[Реконструисано стање пропуста]:

Друга мера смањења ризика јесте примена радова на реконструкцији путног пропуста:

**MSR(4):** хидраулично обликовање улаза  
уређење водотока

Поновном применом модела процене ризика, за реконструисано стање пропуста, одређена је вредност ризика  $R(4) = 0,447$ , која према дијаграму одређује Прихватљив (занемарљив/прихватљив/висок) ниво ризика услед примене радова на реконструкцији пропуста.

## ИЗВЕШТАЈ О ПРОЦЕНИ РИЗИКА

од појаве преливања воде преко саобраћајнице у профилу путног пропуста на бујичном водотоку

### ПОДАЦИ О ПУТНОМ ПРОПУСТУ:

Путна деоница: Рашка - Нови Пазар  
 Категорија саобраћајнице: Државни пут 2. реда  
 Стационажа објекта: 241+586,83 Пропуст бр.: 22

### СЦЕНАРИО S=1 ...[Постојеће стање пропуста] :

Применом модела процене ризика за анализирани путни пропуст одређене су:

- Граничне вредности: 1. Праг значајности:  $PZ = 0,2603$   
 2. Граница прихватљивости:  $GP = 0,4545$   
 - Вредност ризика анализиране појаве:  $R(1) = 0,6064$

Класификација ризика:



На основу дијаграма одређено је да постојеће стање анализираног пропуста поседује Висок (занемарљив/прихватљив/висок) ниво ризика.

### СЦЕНАРИО S=2 ...[Санитарно стање пропуста] :

Прва мера смањења ризика јесте примена радова на санацији путног пропуста:

**MSR(2):** уклањање вегетације на улазу и излазу, чишћење акумулираног каменог седимента и санација оштећених бетонских површина.

Поновном применом модела процене ризика, за санитарно стање путног пропуста, одређена је вредност ризика  $R(2) = 0,3461$ , која према дијаграму одређује

Прихватљив (занемарљив/прихватљив/висок) ниво ризика услед примене радова на санацији пропуста.

### СЦЕНАРИО S=3 ...[Реконструисано стање пропуста]:

Друга мера смањења ризика јесте примена радова на реконструкцији путног пропуста:

**MSR(3):** \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_

Поновном применом модела процене ризика, за реконструисано стање пропуста, одређена је вредност ризика  $R(3) =$  \_\_\_\_\_, која према дијаграму одређује

\_\_\_\_\_ (занемарљив/прихватљив/висок) ниво ризика услед примене радова на реконструкцији пропуста.

### СЦЕНАРИО S=4 ...[Реконструисано стање пропуста]:

Друга мера смањења ризика јесте примена радова на реконструкцији путног пропуста:

**MSR(4):** \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_

Поновном применом модела процене ризика, за реконструисано стање пропуста, одређена је вредност ризика  $R(4) =$  \_\_\_\_\_, која према дијаграму одређује

\_\_\_\_\_ (занемарљив/прихватљив/висок) ниво ризика услед примене радова на реконструкцији пропуста.

## ИЗВЕШТАЈ О ПРОЦЕНИ РИЗИКА

од појаве преливања воде преко саобраћајнице у профилу путног пропуста на бујичном водотоку

### ПОДАЦИ О ПУТНОМ ПРОПУСТУ:

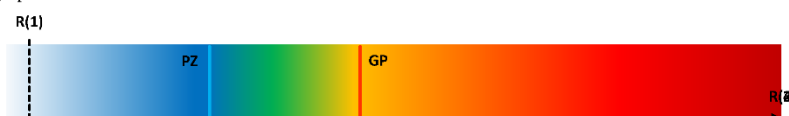
Путна деоница: \_\_\_\_\_ Рашка - Нови Пазар  
 Категорија саобраћајнице: \_\_\_\_\_ Државни пут 2. реда  
 Стационажа објекта: \_\_\_\_\_ 241+852,17 \_\_\_\_\_ Пропуст бр. : 23

### СЦЕНАРИО S=1 ...[Постојеће стање пропуста] :

Применом модела процене ризика за анализирани путни пропуст одређене су:

- Граничне вредности: 1. Праг значајности:  $PZ = 0,2603$   
 2. Граница прихватљивости:  $GP = 0,4545$   
 - Вредност ризика анализиране појаве:  $R(1) = 0,0275$

Класификација ризика:



На основу дијаграма одређено је да постојеће стање анализираног пропуста поседује Занемарљив (занемарљив/прихватљив/висок) ниво ризика.

### СЦЕНАРИО S=2 ...[Санирано стање пропуста] :

Прва мера смањења ризика јесте примена радова на санацији путног пропуста:

**MSR(2):** \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_

Поновном применом модела процене ризика, за санирано стање путног пропуста, одређена је вредност ризика  $R(2) =$  \_\_\_\_\_, која према дијаграму одређује \_\_\_\_\_ (занемарљив/прихватљив/висок) ниво ризика услед примене радова на санацији пропуста.

### СЦЕНАРИО S=3 ...[Реконструисано стање пропуста]:

Друга мера смањења ризика јесте примена радова на реконструкцији путног пропуста:

**MSR(3):** \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_

Поновном применом модела процене ризика, за реконструисано стање пропуста, одређена је вредност ризика  $R(3) =$  \_\_\_\_\_, која према дијаграму одређује \_\_\_\_\_ (занемарљив/прихватљив/висок) ниво ризика услед примене радова на реконструкцији пропуста.

### СЦЕНАРИО S=4 ...[Реконструисано стање пропуста]:

Друга мера смањења ризика јесте примена радова на реконструкцији путног пропуста:

**MSR(4):** \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_

Поновном применом модела процене ризика, за реконструисано стање пропуста, одређена је вредност ризика  $R(4) =$  \_\_\_\_\_, која према дијаграму одређује \_\_\_\_\_ (занемарљив/прихватљив/висок) ниво ризика услед примене радова на реконструкцији пропуста.

## **ИЗВЕШТАЈ О ПРОЦЕНИ РИЗИКА**

од појаве преливања воде преко саобраћајнице у профилу путног пропуста на бујичном водотоку

### **ПОДАЦИ О ПУТНОМ ПРОПУСТУ:**

Путна деоница:	Рашка - Нови Пазар	
Категорија саобраћајнице:	Државни пут 2. реда	
Стационажна објекта:	242+090,81	Пропуст бр. : 24

### **СЦЕНАРИО S=1 ...[Постојеће стање пропуста] :**

Применом модела процене ризика за анализирани путни пропуст одређене су:

- Граничне вредности:	1. Праг значајности:	<b>PZ</b> =	<b>0,2603</b>
	2. Граница прихватљивости:	<b>GP</b> =	<b>0,4545</b>
- Вредност ризика анализираних појава:		<b>R(1)</b> =	<b>0,0006</b>

Класификација ризика:



На основу дијаграма одређено је да постојеће стање анализираних пропуста поседује Занемарљив (занемарљив/прихватљив/висок) ниво ризика.

### **СЦЕНАРИО S=2 ...[Санитарно стање пропуста] :**

Прва мера смањења ризика јесте примена радова на санацији путног пропуста:

**MSR(2):** \_\_\_\_\_

Поновном применом модела процене ризика, за санитарно стање путног пропуста, одређена је вредност ризика **R(2)** = \_\_\_\_\_, која према дијаграму одређује \_\_\_\_\_ (занемарљив/прихватљив/висок) ниво ризика услед примене радова на санацији пропуста.

### **СЦЕНАРИО S=3 ...[Реконструисано стање пропуста]:**

Друга мера смањења ризика јесте примена радова на реконструкцији путног пропуста:

**MSR(3):** \_\_\_\_\_

Поновном применом модела процене ризика, за реконструисано стање пропуста, одређена је вредност ризика **R(3)** = \_\_\_\_\_, која према дијаграму одређује \_\_\_\_\_ (занемарљив/прихватљив/висок) ниво ризика услед примене радова на реконструкцији пропуста.

### **СЦЕНАРИО S=4 ...[Реконструисано стање пропуста]:**

Друга мера смањења ризика јесте примена радова на реконструкцији путног пропуста:

**MSR(4):** \_\_\_\_\_

Поновном применом модела процене ризика, за реконструисано стање пропуста, одређена је вредност ризика **R(4)** = \_\_\_\_\_, која према дијаграму одређује \_\_\_\_\_ (занемарљив/прихватљив/висок) ниво ризика услед примене радова на реконструкцији пропуста.

## ИЗВЕШТАЈ О ПРОЦЕНИ РИЗИКА

од појаве преливања воде преко саобраћајнице у профилу путног пропуста на бујичном водотоку

### ПОДАЦИ О ПУТНОМ ПРОПУСТУ:

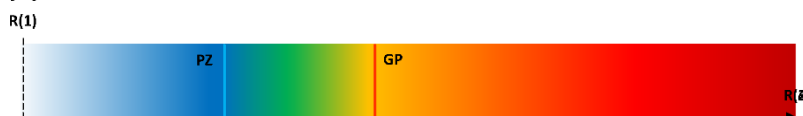
Путна деоница:	Рашка - Нови Пазар
Категорија саобраћајнице:	Државни пут 2. реда
Стационарна објекта:	242+664,35      Пропуст бр. : 25

### СЦЕНАРИО S=1 ...[Постојеће стање пропуста] :

Применом модела процене ризика за анализирани путни пропуст одређене су:

- Граничне вредности:	1. Праг значајности:	<b>PZ = 0,2603</b>
	2. Граница прихватљивости:	<b>GP = 0,4545</b>
- Вредност ризика анализирани појаве:		<b>R(1) = 0</b>

Класификација ризика:



На основу дијаграма одређено је да постојеће стање анализирани пропуста поседује Занемарљив (занемарљив/прихватљив/висок) ниво ризика.

### СЦЕНАРИО S=2 ...[Санитарно стање пропуста] :

Прва мера смањења ризика јесте примена радова на санацији путног пропуста:

**MSR(2):** \_\_\_\_\_

Поновном применом модела процене ризика, за санитарно стање путног пропуста, одређена је вредност ризика **R(2) = \_\_\_\_\_**, која према дијаграму одређује \_\_\_\_\_ (занемарљив/прихватљив/висок) ниво ризика услед примене радова на санацији пропуста.

### СЦЕНАРИО S=3 ...[Реконструисано стање пропуста]:

Друга мера смањења ризика јесте примена радова на реконструкцији путног пропуста:

**MSR(3):** \_\_\_\_\_

Поновном применом модела процене ризика, за реконструисано стање пропуста, одређена је вредност ризика **R(3) = \_\_\_\_\_**, која према дијаграму одређује \_\_\_\_\_ (занемарљив/прихватљив/висок) ниво ризика услед примене радова на реконструкцији пропуста.

### СЦЕНАРИО S=4 ...[Реконструисано стање пропуста]:

Друга мера смањења ризика јесте примена радова на реконструкцији путног пропуста:

**MSR(4):** \_\_\_\_\_

Поновном применом модела процене ризика, за реконструисано стање пропуста, одређена је вредност ризика **R(4) = \_\_\_\_\_**, која према дијаграму одређује \_\_\_\_\_ (занемарљив/прихватљив/висок) ниво ризика услед примене радова на реконструкцији пропуста.

## ИЗВЕШТАЈ О ПРОЦЕНИ РИЗИКА

од појаве преливања воде преко саобраћајнице у профилу путног пропуста на бујичном водотоку

### ПОДАЦИ О ПУТНОМ ПРОПУСТУ:

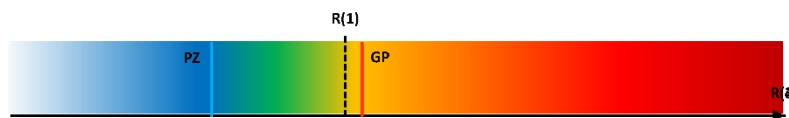
Путна деоница: \_\_\_\_\_ Рашка - Нови Пазар  
 Категорија саобраћајнице: \_\_\_\_\_ Државни пут 2. реда  
 Стационажа објекта: \_\_\_\_\_ 242+917,15 \_\_\_\_\_ Пропуст бр.: 26

### СЦЕНАРИО S=1 ...[Постојеће стање пропуста] :

Применом модела процене ризика за анализирани путни пропуст одређене су:

- Граничне вредности: 1. Праг значајности: **PZ = 0,2603**  
 2. Граница прихватљивости: **GP = 0,4545**  
 - Вредност ризика анализиране појаве: **R(1) = 0,4329**

Класификација ризика:



На основу дијаграма одређено је да постојеће стање анализираног пропуста поседује Прихватљив (занемарљив/прихватљив/висок) ниво ризика.

### СЦЕНАРИО S=2 ...[Санитарно стање пропуста] :

Прва мера смањења ризика јесте примена радова на санацији путног пропуста:

**MSR(2):** \_\_\_\_\_

Поновном применом модела процене ризика, за санитарно стање путног пропуста, одређена је вредност ризика **R(2) = \_\_\_\_\_**, која према дијаграму одређује \_\_\_\_\_ (занемарљив/прихватљив/висок) ниво ризика услед примене радова на санацији пропуста.

### СЦЕНАРИО S=3 ...[Реконструисано стање пропуста]:

Друга мера смањења ризика јесте примена радова на реконструкцији путног пропуста:

**MSR(3):** \_\_\_\_\_

Поновном применом модела процене ризика, за реконструисано стање пропуста, одређена је вредност ризика **R(3) = \_\_\_\_\_**, која према дијаграму одређује \_\_\_\_\_ (занемарљив/прихватљив/висок) ниво ризика услед примене радова на реконструкцији пропуста.

### СЦЕНАРИО S=4 ...[Реконструисано стање пропуста]:

Друга мера смањења ризика јесте примена радова на реконструкцији путног пропуста:

**MSR(4):** \_\_\_\_\_

Поновном применом модела процене ризика, за реконструисано стање пропуста, одређена је вредност ризика **R(4) = \_\_\_\_\_**, која према дијаграму одређује \_\_\_\_\_ (занемарљив/прихватљив/висок) ниво ризика услед примене радова на реконструкцији пропуста.



## ИЗВЕШТАЈ О ПРОЦЕНИ РИЗИКА

од појаве преливања воде преко саобраћајнице у профилу путног пропуста на бујичном водотоку

### ПОДАЦИ О ПУТНОМ ПРОПУСТУ:

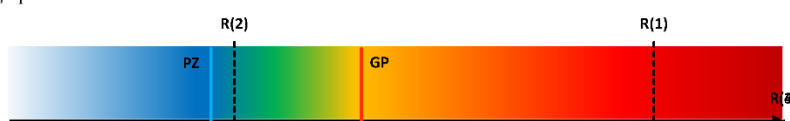
Путна деоница: Рашка - Нови Пазар  
 Категорија саобраћајнице: Државни пут 2. реда  
 Стационажа објекта: 243+018,46 Пропуст бр.: 27

### СЦЕНАРИО S=1 ...[Постојеће стање пропуста] :

Применом модела процене ризика за анализирани путни пропуст одређене су:

- Граничне вредности: 1. Праг значајности:  $PZ = 0,2603$   
 2. Граница прихватљивости:  $GP = 0,4545$   
 - Вредност ризика анализираних појава:  $R(1) = 0,8324$

Класификација ризика:



На основу дијаграма одређено је да постојеће стање анализираних пропуста поседује Висок (занемарљив/прихватљив/висок) ниво ризика.

### СЦЕНАРИО S=2 ...[Санирано стање пропуста] :

Прва мера смањења ризика јесте примена радова на санацији путног пропуста:

**MSR(2):** уклањање вегетације на улазу и излазу, чишћење акумулираног каменог седимента и санација оштећених бетонских површина.

Поновном применом модела процене ризика, за санирано стање путног пропуста, одређена је вредност ризика  $R(2) = 0,2904$ , која према дијаграму одређује

Прихватљив (занемарљив/прихватљив/висок) ниво ризика услед примене радова на санацији пропуста.

### СЦЕНАРИО S=3 ...[Реконструисано стање пропуста]:

Друга мера смањења ризика јесте примена радова на реконструкцији путног пропуста:

**MSR(3):** \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_

Поновном применом модела процене ризика, за реконструисано стање пропуста, одређена је вредност ризика  $R(3) =$  \_\_\_\_\_, која према дијаграму одређује

\_\_\_\_\_ (занемарљив/прихватљив/висок) ниво ризика услед примене радова на реконструкцији пропуста.

### СЦЕНАРИО S=4 ...[Реконструисано стање пропуста]:

Друга мера смањења ризика јесте примена радова на реконструкцији путног пропуста:

**MSR(4):** \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_

Поновном применом модела процене ризика, за реконструисано стање пропуста, одређена је вредност ризика  $R(4) =$  \_\_\_\_\_, која према дијаграму одређује

\_\_\_\_\_ (занемарљив/прихватљив/висок) ниво ризика услед примене радова на реконструкцији пропуста.

## ИЗВЕШТАЈ О ПРОЦЕНИ РИЗИКА

од појаве преливања воде преко саобраћајнице у профилу путног пропуста на бујичном водотоку

### ПОДАЦИ О ПУТНОМ ПРОПУСТУ:

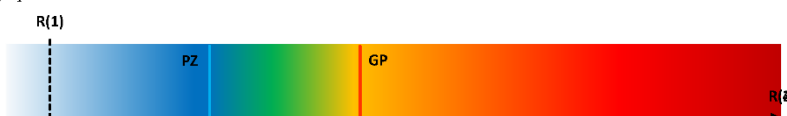
Путна деоница:	Рашка - Нови Пазар	
Категорија саобраћајнице:	Државни пут 2. реда	
Стационаража објекта:	243+587,44	Пропуст бр.: 28

### СЦЕНАРИО S=1 ...[Постојеће стање пропуста] :

Применом модела процене ризика за анализирани путни пропуст одређене су:

- Граничне вредности:	1. Праг значајности:	<b>PZ = 0,2603</b>
	2. Граница прихватљивости:	<b>GP = 0,4545</b>
- Вредност ризика анализиране појаве:		<b>R(1) = 0,0538</b>

Класификација ризика:



На основу дијаграма одређено је да постојеће стање анализираног пропуста поседује Занемарљив (занемарљив/прихватљив/висок) ниво ризика.

### СЦЕНАРИО S=2 ...[Санитарно стање пропуста] :

Прва мера смањења ризика јесте примена радова на санацији путног пропуста:

**MSR(2):** \_\_\_\_\_

Поновном применом модела процене ризика, за санитарно стање путног пропуста, одређена је вредност ризика **R(2) = \_\_\_\_\_**, која према дијаграму одређује \_\_\_\_\_ (занемарљив/прихватљив/висок) ниво ризика услед примене радова на санацији пропуста.

### СЦЕНАРИО S=3 ...[Реконструисано стање пропуста]:

Друга мера смањења ризика јесте примена радова на реконструкцији путног пропуста:

**MSR(3):** \_\_\_\_\_

Поновном применом модела процене ризика, за реконструисано стање пропуста, одређена је вредност ризика **R(3) = \_\_\_\_\_**, која према дијаграму одређује \_\_\_\_\_ (занемарљив/прихватљив/висок) ниво ризика услед примене радова на реконструкцији пропуста.

### СЦЕНАРИО S=4 ...[Реконструисано стање пропуста]:

Друга мера смањења ризика јесте примена радова на реконструкцији путног пропуста:

**MSR(4):** \_\_\_\_\_

Поновном применом модела процене ризика, за реконструисано стање пропуста, одређена је вредност ризика **R(4) = \_\_\_\_\_**, која према дијаграму одређује \_\_\_\_\_ (занемарљив/прихватљив/висок) ниво ризика услед примене радова на реконструкцији пропуста.

## ИЗВЕШТАЈ О ПРОЦЕНИ РИЗИКА

од појаве преливања воде преко саобраћајнице у профилу путног пропуста на бујичном водотоку

### ПОДАЦИ О ПУТНОМ ПРОПУСТУ:

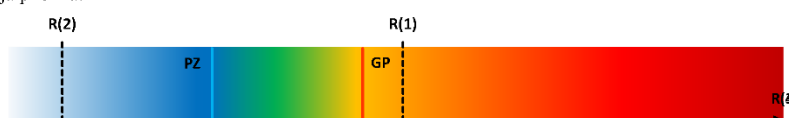
Путна деоница: Рашка - Нови Пазар  
 Категорија саобраћајнице: Државни пут 2. реда  
 Стационажа објекта: 243+846,10 Пропуст бр. : 29

### СЦЕНАРИО S=1 ...[Постојеће стање пропуста] :

Применом модела процене ризика за анализирани путни пропуст одређене су:

- Граничне вредности: 1. Праг значајности:  $PZ = \underline{0,2603}$   
 2. Граница прихватљивости:  $GP = \underline{0,4545}$   
 - Вредност ризика анализирани појаве:  $R(1) = \underline{0,5067}$

Класификација ризика:



На основу дијаграма одређено је да постојеће стање анализираниг пропуста поседује Висок (занемарљив/прихватљив/висок) ниво ризика.

### СЦЕНАРИО S=2 ...[Санирано стање пропуста] :

Прва мера смањења ризика јесте примена радова на санацији путног пропуста:

**MSR(2):** уклањање вегетације на улазу и излазу, чишћење акумулираног каменог седимента и санација оштећених бетонских површина.

Поновном применом модела процене ризика, за санирано стање путног пропуста, одређена је вредност ризика  $R(2) = \underline{0,0665}$ , која према дијаграму одређује

Занемарљив (занемарљив/прихватљив/висок) ниво ризика услед примене радова на санацији пропуста.

### СЦЕНАРИО S=3 ...[Реконструисано стање пропуста]:

Друга мера смањења ризика јесте примена радова на реконструкцији путног пропуста:

**MSR(3):** \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_

Поновном применом модела процене ризика, за реконструисано стање пропуста, одређена је вредност ризика  $R(3) = \underline{\hspace{2cm}}$ , која према дијаграму одређује

\_\_\_\_\_ (занемарљив/прихватљив/висок) ниво ризика услед примене радова на реконструкцији пропуста.

### СЦЕНАРИО S=4 ...[Реконструисано стање пропуста]:

Друга мера смањења ризика јесте примена радова на реконструкцији путног пропуста:

**MSR(4):** \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_

Поновном применом модела процене ризика, за реконструисано стање пропуста, одређена је вредност ризика  $R(4) = \underline{\hspace{2cm}}$ , која према дијаграму одређује

\_\_\_\_\_ (занемарљив/прихватљив/висок) ниво ризика услед примене радова на реконструкцији пропуста.

## ИЗВЕШТАЈ О ПРОЦЕНИ РИЗИКА

од појаве преливања воде преко саобраћајнице у профилу путног пропуста на бујичном водотоку

### ПОДАЦИ О ПУТНОМ ПРОПУСТУ:

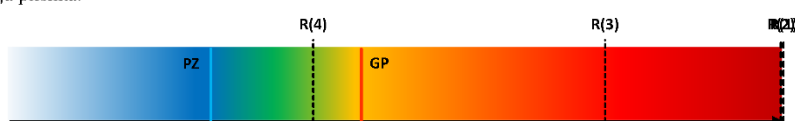
Путна деоница: Рашка - Нови Пазар  
 Категорија саобраћајнице: Државни пут 2. реда  
 Стационажа објекта: 244+471,59 Пропуст бр. : 30

### СЦЕНАРИО S=1 ...[Постојеће стање пропуста] :

Применом модела процене ризика за анализирани путни пропуст одређене су:

- Граничне вредности: 1. Праг значајности:  $PZ = 0,2603$   
 2. Граница прихватљивости:  $GP = 0,4545$   
 - Вредност ризика анализирани појаве:  $R(1) = 1$

Класификација ризика:



На основу дијаграма одређено је да постојеће стање анализираниог пропуста поседује Висок (занемарљив/прихватљив/висок) ниво ризика.

### СЦЕНАРИО S=2 ...[Санитарно стање пропуста] :

Прва мера смањења ризика јесте примена радова на санацији путног пропуста:

**MSR(2):** уклањање вегетације на улазу и излазу, чишћење акумулираног каменог седимента и санација оштећених бетонских површина.

Поновном применом модела процене ризика, за санитарно стање путног пропуста, одређена је вредност ризика  $R(2) = 0,9967$ , која према дијаграму одређује

Висок (занемарљив/прихватљив/висок) ниво ризика услед примене радова на санацији пропуста.

### СЦЕНАРИО S=3 ...[Реконструисано стање пропуста]:

Друга мера смањења ризика јесте примена радова на реконструкцији путног пропуста:

**MSR(3):** хидрауличко обликовање улаза  
уређење водотока

Поновном применом модела процене ризика, за реконструисано стање пропуста, одређена је вредност ризика  $R(3) = 0,7694$ , која према дијаграму одређује

Висок (занемарљив/прихватљив/висок) ниво ризика услед примене радова на реконструкцији пропуста.

### СЦЕНАРИО S=4 ...[Реконструисано стање пропуста]:

Друга мера смањења ризика јесте примена радова на реконструкцији путног пропуста:

**MSR(4):** хидрауличко обликовање улаза  
уређење водотока  
изградња новог пропуста

Поновном применом модела процене ризика, за реконструисано стање пропуста, одређена је вредност ризика  $R(4) = 0,3924$ , која према дијаграму одређује

Прихватљив (занемарљив/прихватљив/висок) ниво ризика услед примене радова на реконструкцији пропуста.

## ИЗВЕШТАЈ О ПРОЦЕНИ РИЗИКА

од појаве преливања воде преко саобраћајнице у профилу путног пропуста на бујичном водотоку

### ПОДАЦИ О ПУТНОМ ПРОПУСТУ:

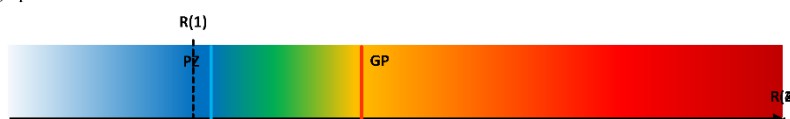
Путна деоница:	Рашка - Нови Пазар
Категорија саобраћајнице:	Државни пут 2. реда
Стационажа објекта:	244+966,12      Пропуст бр. : 31

### СЦЕНАРИО S=1 ...[Постојеће стање пропуста] :

Применом модела процене ризика за анализирани путни пропуст одређене су:

- Граничне вредности:	1. Праг значајности:	<b>PZ = 0,2603</b>
	2. Граница прихватљивости:	<b>GP = 0,4545</b>
- Вредност ризика анализиране појаве:		<b>R(1) = 0,2369</b>

Класификација ризика:



На основу дијаграма одређено је да постојеће стање анализираног пропуста поседује Занемарљив (занемарљив/прихватљив/висок) ниво ризика.

### СЦЕНАРИО S=2 ...[Санитарно стање пропуста] :

Прва мера смањења ризика јесте примена радова на санацији путног пропуста:

**MSR(2):** \_\_\_\_\_

Поновном применом модела процене ризика, за санитарно стање путног пропуста, одређена је вредност ризика **R(2) = \_\_\_\_\_**, која према дијаграму одређује \_\_\_\_\_ (занемарљив/прихватљив/висок) ниво ризика услед примене радова на санацији пропуста.

### СЦЕНАРИО S=3 ...[Реконструисано стање пропуста]:

Друга мера смањења ризика јесте примена радова на реконструкцији путног пропуста:

**MSR(3):** \_\_\_\_\_

Поновном применом модела процене ризика, за реконструисано стање пропуста, одређена је вредност ризика **R(3) = \_\_\_\_\_**, која према дијаграму одређује \_\_\_\_\_ (занемарљив/прихватљив/висок) ниво ризика услед примене радова на реконструкцији пропуста.

### СЦЕНАРИО S=4 ...[Реконструисано стање пропуста]:

Друга мера смањења ризика јесте примена радова на реконструкцији путног пропуста:

**MSR(4):** \_\_\_\_\_

Поновном применом модела процене ризика, за реконструисано стање пропуста, одређена је вредност ризика **R(4) = \_\_\_\_\_**, која према дијаграму одређује \_\_\_\_\_ (занемарљив/прихватљив/висок) ниво ризика услед примене радова на реконструкцији пропуста.

## ИЗВЕШТАЈ О ПРОЦЕНИ РИЗИКА

од појаве преливања воде преко саобраћајнице у профилу путног пропуста на бујичном водотоку

### ПОДАЦИ О ПУТНОМ ПРОПУСТУ:

Путна деоница: Рашка - Нови Пазар  
 Категорија саобраћајнице: Државни пут 2. реда  
 Стационажа објекта: 245+195,07 Пропуст бр.: 32

### СЦЕНАРИО S=1 ...[Постојеће стање пропуста] :

Применом модела процене ризика за анализирани путни пропуст одређене су:

- Граничне вредности: 1. Праг значајности:  $PZ = 0,2603$   
 2. Граница прихватљивости:  $GP = 0,4545$   
 - Вредност ризика анализиране појаве:  $R(1) = 0,9237$

Класификација ризика:



На основу дијаграма одређено је да постојеће стање анализираног пропуста поседује Висок (занемарљив/прихватљив/висок) ниво ризика.

### СЦЕНАРИО S=2 ...[Санирано стање пропуста] :

Прва мера смањења ризика јесте примена радова на санацији путног пропуста:

**MSR(2):** уклањање вегетације на улазу и излазу, чишћење акумулираног каменог седимента и санација оштећених бетонских површина.

Поновном применом модела процене ризика, за санирано стање путног пропуста, одређена је вредност ризика  $R(2) = 0,3234$ , која према дијаграму одређује

Прихватљив (занемарљив/прихватљив/висок) ниво ризика услед примене радова на санацији пропуста.

### СЦЕНАРИО S=3 ...[Реконструисано стање пропуста]:

Друга мера смањења ризика јесте примена радова на реконструкцији путног пропуста:

**MSR(3):** \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_

Поновном применом модела процене ризика, за реконструисано стање пропуста, одређена је вредност ризика  $R(3) =$  \_\_\_\_\_, која према дијаграму одређује

\_\_\_\_\_ (занемарљив/прихватљив/висок) ниво ризика услед примене радова на реконструкцији пропуста.

### СЦЕНАРИО S=4 ...[Реконструисано стање пропуста]:

Друга мера смањења ризика јесте примена радова на реконструкцији путног пропуста:

**MSR(4):** \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_

Поновном применом модела процене ризика, за реконструисано стање пропуста, одређена је вредност ризика  $R(4) =$  \_\_\_\_\_, која према дијаграму одређује

\_\_\_\_\_ (занемарљив/прихватљив/висок) ниво ризика услед примене радова на реконструкцији пропуста.

## ИЗВЕШТАЈ О ПРОЦЕНИ РИЗИКА

од појаве преливања воде преко саобраћајнице у профилу путног пропуста на бујичном водотоку

### ПОДАЦИ О ПУТНОМ ПРОПУСТУ:

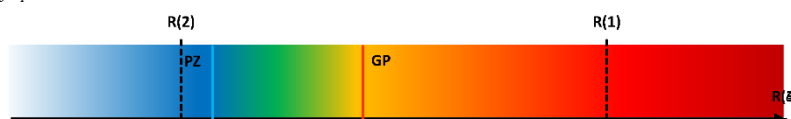
Путна деоница:	Рапка - Нови Пазар
Категорија саобраћајнице:	Државни пут 2. реда
Стационажа објекта:	245+293,13      Пропуст бр. : 33

### СЦЕНАРИО S=1 ...[Постојеће стање пропуста] :

Применом модела процене ризика за анализирани путни пропуст одређене су:

- Граничне вредности:	1. Праг значајности:	<b>PZ = 0,2603</b>
	2. Граница прихватљивости:	<b>GP = 0,4545</b>
- Вредност ризика анализирани појаве:		<b>R(1) = 0,7694</b>

Класификација ризика:



На основу дијаграма одређено је да постојеће стање анализираниг пропуста поседује Висок (занемарљив/прихватљив/висок) ниво ризика.

### СЦЕНАРИО S=2 ...[Санирано стање пропуста] :

Прва мера смањења ризика јесте примена радова на санацији путног пропуста:

**MSR(2):** уклањање вегетације на улазу и излазу, чишћење акумулираног каменог седимента и санација оштећених бетонских површина.

Поновном применом модела процене ризика, за санирано стање путног пропуста, одређена је вредност ризика **R(2) = 0,2198**, која према дијаграму одређује

Занемарљив (занемарљив/прихватљив/висок) ниво ризика услед примене радова на санацији пропуста.

### СЦЕНАРИО S=3 ...[Реконструисано стање пропуста]:

Друга мера смањења ризика јесте примена радова на реконструкцији путног пропуста:

**MSR(3):** \_\_\_\_\_

Поновном применом модела процене ризика, за реконструисано стање пропуста, одређена је вредност ризика **R(3) = \_\_\_\_\_**, која према дијаграму одређује

\_\_\_\_\_ (занемарљив/прихватљив/висок) ниво ризика услед примене радова на реконструкцији пропуста.

### СЦЕНАРИО S=4 ...[Реконструисано стање пропуста]:

Друга мера смањења ризика јесте примена радова на реконструкцији путног пропуста:

**MSR(4):** \_\_\_\_\_

Поновном применом модела процене ризика, за реконструисано стање пропуста, одређена је вредност ризика **R(4) = \_\_\_\_\_**, која према дијаграму одређује

\_\_\_\_\_ (занемарљив/прихватљив/висок) ниво ризика услед примене радова на реконструкцији пропуста.

## ИЗВЕШТАЈ О ПРОЦЕНИ РИЗИКА

од појаве преливања воде преко саобраћајнице у профилу путног пропуста на бујичном водотоку

### ПОДАЦИ О ПУТНОМ ПРОПУСТУ:

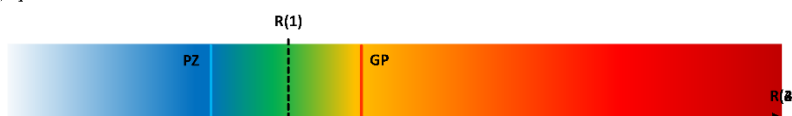
Путна деоница:	Рашка - Нови Пазар
Категорија саобраћајнице:	Државни пут 2. реда
Стационажа објекта:	245+422,35      Пропуст бр. : 34

### СЦЕНАРИО S=1 ...[Постојеће стање пропуста] :

Применом модела процене ризика за анализирани путни пропуст одређене су:

- Граничне вредности:	1. Праг значајности:	<b>PZ =</b>	<u>0,2603</u>
	2. Граница прихватљивости:	<b>GP =</b>	<u>0,4545</u>
- Вредност ризика анализираних појава:		<b>R(1) =</b>	<u>0,3603</u>

Класификација ризика:



На основу дијаграма одређено је да постојеће стање анализираних пропуста поседује Прихватљив (занемарљив/прихватљив/висок) ниво ризика.

### СЦЕНАРИО S=2 ...[Санитарно стање пропуста] :

Прва мера смањења ризика јесте примена радова на санацији путног пропуста:

**MSR(2):** \_\_\_\_\_

Поновном применом модела процене ризика, за санитарно стање путног пропуста, одређена је вредност ризика **R(2) =** \_\_\_\_\_, која према дијаграму одређује \_\_\_\_\_ (занемарљив/прихватљив/висок) ниво ризика услед примене радова на санацији пропуста.

### СЦЕНАРИО S=3 ...[Реконструисано стање пропуста]:

Друга мера смањења ризика јесте примена радова на реконструкцији путног пропуста:

**MSR(3):** \_\_\_\_\_

Поновном применом модела процене ризика, за реконструисано стање пропуста, одређена је вредност ризика **R(3) =** \_\_\_\_\_, која према дијаграму одређује \_\_\_\_\_ (занемарљив/прихватљив/висок) ниво ризика услед примене радова на реконструкцији пропуста.

### СЦЕНАРИО S=4 ...[Реконструисано стање пропуста]:

Друга мера смањења ризика јесте примена радова на реконструкцији путног пропуста:

**MSR(4):** \_\_\_\_\_

Поновном применом модела процене ризика, за реконструисано стање пропуста, одређена је вредност ризика **R(4) =** \_\_\_\_\_, која према дијаграму одређује \_\_\_\_\_ (занемарљив/прихватљив/висок) ниво ризика услед примене радова на реконструкцији пропуста.



## ИЗВЕШТАЈ О ПРОЦЕНИ РИЗИКА

од појаве преливања воде преко саобраћајнице у профилу путног пропуста на бујичном водотоку

### ПОДАЦИ О ПУТНОМ ПРОПУСТУ:

Путна деоница:	Рашка - Нови Пазар
Категорија саобраћајнице:	Државни пут 2. реда
Стационара објекта:	245+548,35      Пропуст бр. : 35

### СЦЕНАРИО S=1 ...[Постојеће стање пропуста] :

Применом модела процене ризика за анализирани путни пропуст одређене су:

- Граничне вредности:	1. Праг значајности:	<b>PZ = 0,2603</b>
	2. Граница прихватљивости:	<b>GP = 0,4545</b>
- Вредност ризика анализирани појаве:		<b>R(1) = 0,9178</b>

Класификација ризика:



На основу дијаграма одређено је да постојеће стање анализирани пропуста поседује Висок (занемарљив/прихватљив/висок) ниво ризика.

### СЦЕНАРИО S=2 ...[Санитарно стање пропуста] :

Прва мера смањења ризика јесте примена радова на санацији путног пропуста:

**MSR(2):** уклањање вегетације на улазу и излазу, чишћење акумулираног каменог седимента и санација оштећених бетонских површина.

Поновном применом модела процене ризика, за санитарно стање путног пропуста, одређена је вредност ризика **R(2) = 0,3322**, која према дијаграму одређује

Прихватљив (занемарљив/прихватљив/висок) ниво ризика услед примене радова на санацији пропуста.

### СЦЕНАРИО S=3 ...[Реконструисано стање пропуста]:

Друга мера смањења ризика јесте примена радова на реконструкцији путног пропуста:

**MSR(3):** \_\_\_\_\_

Поновном применом модела процене ризика, за реконструисано стање пропуста, одређена је вредност ризика **R(3) = \_\_\_\_\_**, која према дијаграму одређује

\_\_\_\_\_ (занемарљив/прихватљив/висок) ниво ризика услед примене радова на реконструкцији пропуста.

### СЦЕНАРИО S=4 ...[Реконструисано стање пропуста]:

Друга мера смањења ризика јесте примена радова на реконструкцији путног пропуста:

**MSR(4):** \_\_\_\_\_

Поновном применом модела процене ризика, за реконструисано стање пропуста, одређена је вредност ризика **R(4) = \_\_\_\_\_**, која према дијаграму одређује

\_\_\_\_\_ (занемарљив/прихватљив/висок) ниво ризика услед примене радова на реконструкцији пропуста.

## ИЗВЕШТАЈ О ПРОЦЕНИ РИЗИКА

од појаве преливања воде преко саобраћајнице у профилу путног пропуста на бујичном водотоку

### ПОДАЦИ О ПУТНОМ ПРОПУСТУ:

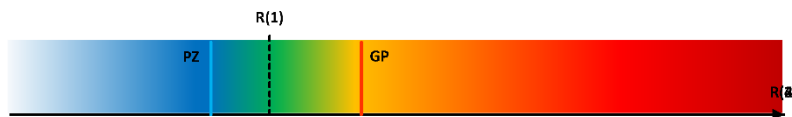
Путна деоница:	Рашка - Нови Пазар	
Категорија саобраћајнице:	Државни пут 2. реда	
Стационажа објекта:	245+727,52	Пропуст бр. : 36

### СЦЕНАРИО S=1 ...[Постојеће стање пропуста] :

Применом модела процене ризика за анализирани путни пропуст одређене су:

- Граничне вредности:	1. Праг значајности:	<b>PZ = 0,2603</b>
	2. Граница прихватљивости:	<b>GP = 0,4545</b>
- Вредност ризика анализираних појава:		<b>R(1) = 0,3359</b>

Класификација ризика:



На основу дијаграма одређено је да постојеће стање анализираних пропуста поседује Прихватљив (занемарљив/прихватљив/висок) ниво ризика.

### СЦЕНАРИО S=2 ...[Санирано стање пропуста] :

Прва мера смањења ризика јесте примена радова на санацији путног пропуста:

**MSR(2):** \_\_\_\_\_

Поновном применом модела процене ризика, за санирано стање путног пропуста, одређена је вредност ризика **R(2) = \_\_\_\_\_**, која према дијаграму одређује \_\_\_\_\_ (занемарљив/прихватљив/висок) ниво ризика услед примене радова на санацији пропуста.

### СЦЕНАРИО S=3 ...[Реконструисано стање пропуста]:

Друга мера смањења ризика јесте примена радова на реконструкцији путног пропуста:

**MSR(3):** \_\_\_\_\_

Поновном применом модела процене ризика, за реконструисано стање пропуста, одређена је вредност ризика **R(3) = \_\_\_\_\_**, која према дијаграму одређује \_\_\_\_\_ (занемарљив/прихватљив/висок) ниво ризика услед примене радова на реконструкцији пропуста.

### СЦЕНАРИО S=4 ...[Реконструисано стање пропуста]:

Друга мера смањења ризика јесте примена радова на реконструкцији путног пропуста:

**MSR(4):** \_\_\_\_\_

Поновном применом модела процене ризика, за реконструисано стање пропуста, одређена је вредност ризика **R(4) = \_\_\_\_\_**, која према дијаграму одређује \_\_\_\_\_ (занемарљив/прихватљив/висок) ниво ризика услед примене радова на реконструкцији пропуста.

## ИЗВЕШТАЈ О ПРОЦЕНИ РИЗИКА

од појаве преливања воде преко саобраћајнице у профилу путног пропуста на бујичном водотоку

### ПОДАЦИ О ПУТНОМ ПРОПУСТУ:

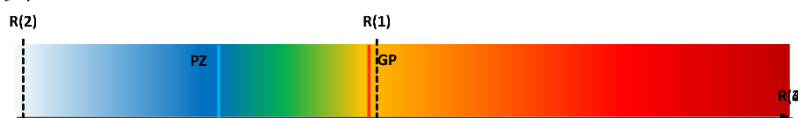
Путна деоница: Рашка - Нови Пазар  
 Категорија саобраћајнице: Државни пут 2. реда  
 Стационажа објекта: 246+075,34 Пропуст бр.: 37

### СЦЕНАРИО S=1 ...[Постојеће стање пропуста] :

Применом модела процене ризика за анализирани путни пропуст одређене су:

- Граничне вредности: 1. Праг значајности:  $PZ = 0,2603$   
 2. Граница прихватљивости:  $GP = 0,4545$   
 - Вредност ризика анализирани појаве:  $R(1) = 0,4646$

Класификација ризика:



На основу дијаграма одређено је да постојеће стање анализираниг пропуста поседује Висок (занемарљив/прихватљив/висок) ниво ризика.

### СЦЕНАРИО S=2 ...[Санитарно стање пропуста] :

Прва мера смањења ризика јесте примена радова на санацији путног пропуста:

**MSR(2):** уклањање вегетације на улазу и излазу, чишћење акумулираног каменог седимента и санација оштећених бетонских површина.

Поновном применом модела процене ризика, за санитарно стање путног пропуста, одређена је вредност ризика  $R(2) = 0,0078$ , која према дијаграму одређује

Занемарљив (занемарљив/прихватљив/висок) ниво ризика услед примене радова на санацији пропуста.

### СЦЕНАРИО S=3 ...[Реконструисано стање пропуста]:

Друга мера смањења ризика јесте примена радова на реконструкцији путног пропуста:

**MSR(3):** \_\_\_\_\_

Поновном применом модела процене ризика, за реконструисано стање пропуста, одређена је вредност ризика  $R(3) =$  \_\_\_\_\_, која према дијаграму одређује

\_\_\_\_\_ (занемарљив/прихватљив/висок) ниво ризика услед примене радова на реконструкцији пропуста.

### СЦЕНАРИО S=4 ...[Реконструисано стање пропуста]:

Друга мера смањења ризика јесте примена радова на реконструкцији путног пропуста:

**MSR(4):** \_\_\_\_\_

Поновном применом модела процене ризика, за реконструисано стање пропуста, одређена је вредност ризика  $R(4) =$  \_\_\_\_\_, која према дијаграму одређује

\_\_\_\_\_ (занемарљив/прихватљив/висок) ниво ризика услед примене радова на реконструкцији пропуста.

## ИЗВЕШТАЈ О ПРОЦЕНИ РИЗИКА

од појаве преливања воде преко саобраћајнице у профилу путног пропуста на бујичном водотоку

### ПОДАЦИ О ПУТНОМ ПРОПУСТУ:

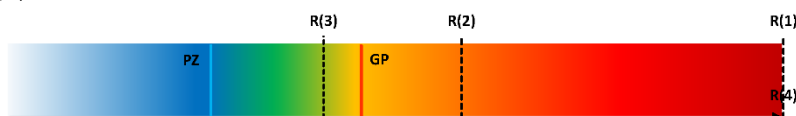
Путна деоница: Рашка - Нови Пазар  
 Категорија саобраћајнице: Државни пут 2. реда  
 Стационажа објекта: 246+726,22 Пропуст бр. : 38

### СЦЕНАРИО S=1 ...[Постојеће стање пропуста] :

Применом модела процене ризика за анализирани путни пропуст одређене су:

- Граничне вредности: 1. Праг значајности:  $PZ = 0,2603$   
 2. Граница прихватљивости:  $GP = 0,4545$   
 - Вредност ризика анализираних појава:  $R(1) = 1$

Класификација ризика:



На основу дијаграма одређено је да постојеће стање анализираних пропуста поседује Висок (занемарљив/прихватљив/висок) ниво ризика.

### СЦЕНАРИО S=2 ...[Санирано стање пропуста] :

Прва мера смањења ризика јесте примена радова на санацији путног пропуста:

**MSR(2):** уклањање вегетације на улазу и излазу, чишћење акумулираног каменог седимента и санација оштећених бетонских површина.

Поновном применом модела процене ризика, за санирано стање путног пропуста, одређена је вредност ризика  $R(2) = 0,584$ , која према дијаграму одређује

Висок (занемарљив/прихватљив/висок) ниво ризика услед примене радова на санацији пропуста.

### СЦЕНАРИО S=3 ...[Реконструисано стање пропуста]:

Друга мера смањења ризика јесте примена радова на реконструкцији путног пропуста:

**MSR(3):** хидраулично обликовање улаза

Поновном применом модела процене ризика, за реконструисано стање пропуста, одређена је вредност ризика  $R(3) = 0,4058$ , која према дијаграму одређује

Прихватљив (занемарљив/прихватљив/висок) ниво ризика услед примене радова на реконструкцији пропуста.

### СЦЕНАРИО S=4 ...[Реконструисано стање пропуста]:

Друга мера смањења ризика јесте примена радова на реконструкцији путног пропуста:

**MSR(4):** \_\_\_\_\_

Поновном применом модела процене ризика, за реконструисано стање пропуста, одређена је вредност ризика  $R(4) =$  \_\_\_\_\_, која према дијаграму одређује

\_\_\_\_\_ (занемарљив/прихватљив/висок) ниво ризика услед примене радова на реконструкцији пропуста.

## ИЗВЕШТАЈ О ПРОЦЕНИ РИЗИКА

од појаве преливања воде преко саобраћајнице у профилу путног пропуста на бујичном водотоку

### ПОДАЦИ О ПУТНОМ ПРОПУСТУ:

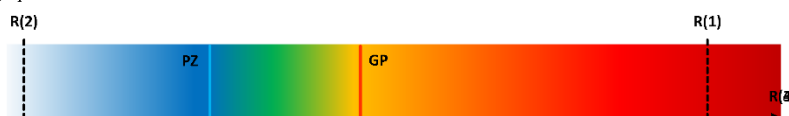
Путна деоница: \_\_\_\_\_ Рашка - Нови Пазар  
 Категорија саобраћајнице: \_\_\_\_\_ Државни пут 2. реда  
 Стационажа објекта: \_\_\_\_\_ 246+999,19 Пропуст бр. : 39

### СЦЕНАРИО S=1 ...[Постојеће стање пропуста] :

Применом модела процене ризика за анализирани путни пропуст одређене су:

- Граничне вредности: 1. Праг значајности:  $PZ = 0,2603$   
 2. Граница прихватљивости:  $GP = 0,4545$   
 - Вредност ризика анализиране појаве:  $R(1) = 0,9031$

Класификација ризика:



На основу дијаграма одређено је да постојеће стање анализираниог пропуста поседује Висок (занемарљив/прихватљив/висок) ниво ризика.

### СЦЕНАРИО S=2 ...[Санирано стање пропуста] :

Прва мера смањења ризика јесте примена радова на санацији путног пропуста:

**MSR(2):** \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_

Поновном применом модела процене ризика, за санирано стање путног пропуста, одређена је вредност ризика  $R(2) = 0,0199$ , која према дијаграму одређује Занемарљив (занемарљив/прихватљив/висок) ниво ризика услед примене радова на санацији пропуста.

### СЦЕНАРИО S=3 ...[Реконструисано стање пропуста]:

Друга мера смањења ризика јесте примена радова на реконструкцији путног пропуста:

**MSR(3):** \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_

Поновном применом модела процене ризика, за реконструисано стање пропуста, одређена је вредност ризика  $R(3) =$  \_\_\_\_\_, која према дијаграму одређује \_\_\_\_\_ (занемарљив/прихватљив/висок) ниво ризика услед примене радова на реконструкцији пропуста.

### СЦЕНАРИО S=4 ...[Реконструисано стање пропуста]:

Друга мера смањења ризика јесте примена радова на реконструкцији путног пропуста:

**MSR(4):** \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_

Поновном применом модела процене ризика, за реконструисано стање пропуста, одређена је вредност ризика  $R(4) =$  \_\_\_\_\_, која према дијаграму одређује \_\_\_\_\_ (занемарљив/прихватљив/висок) ниво ризика услед примене радова на реконструкцији пропуста.

## ИЗВЕШТАЈ О ПРОЦЕНИ РИЗИКА

од појаве преливања воде преко саобраћајнице у профилу путног пропуста на бујичном водотоку

### ПОДАЦИ О ПУТНОМ ПРОПУСТУ:

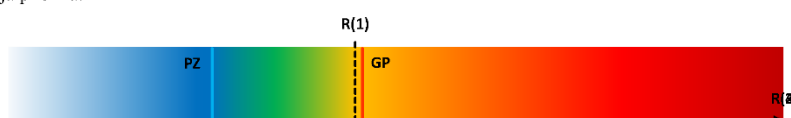
Путна деоница:	Рашка - Нови Пазар	
Категорија саобраћајнице:	Државни пут 2. реда	
Стационажа објекта:	247+118,27	Пропуст бр. : 40

### СЦЕНАРИО S=1 ...[Постојеће стање пропуста] :

Применом модела процене ризика за анализирани путни пропуст одређене су:

- Граничне вредности:	1. Праг значајности:	<b>PZ</b> = <u>0,2603</u>
	2. Граница прихватљивости:	<b>GP</b> = <u>0,4545</u>
- Вредност ризика анализирани појаве:		<b>R(1)</b> = <u>0,4451</u>

Класификација ризика:



На основу дијаграма одређено је да постојеће стање анализираниг пропуста поседује Прихватљив (занемарљив/прихватљив/висок) ниво ризика.

### СЦЕНАРИО S=2 ...[Санитарно стање пропуста] :

Прва мера смањења ризика јесте примена радова на санацији путног пропуста:

**MSR(2):** \_\_\_\_\_

Поновном применом модела процене ризика, за санитарно стање путног пропуста, одређена је вредност ризика **R(2)** = \_\_\_\_\_, која према дијаграму одређује \_\_\_\_\_ (занемарљив/прихватљив/висок) ниво ризика услед примене радова на санацији пропуста.

### СЦЕНАРИО S=3 ...[Реконструисано стање пропуста]:

Друга мера смањења ризика јесте примена радова на реконструкцији путног пропуста:

**MSR(3):** \_\_\_\_\_

Поновном применом модела процене ризика, за реконструисано стање пропуста, одређена је вредност ризика **R(3)** = \_\_\_\_\_, која према дијаграму одређује \_\_\_\_\_ (занемарљив/прихватљив/висок) ниво ризика услед примене радова на реконструкцији пропуста.

### СЦЕНАРИО S=4 ...[Реконструисано стање пропуста]:

Друга мера смањења ризика јесте примена радова на реконструкцији путног пропуста:

**MSR(4):** \_\_\_\_\_

Поновном применом модела процене ризика, за реконструисано стање пропуста, одређена је вредност ризика **R(4)** = \_\_\_\_\_, која према дијаграму одређује \_\_\_\_\_ (занемарљив/прихватљив/висок) ниво ризика услед примене радова на реконструкцији пропуста.

## ИЗВЕШТАЈ О ПРОЦЕНИ РИЗИКА

од појаве преливања воде преко саобраћајнице у профилу путног пропуста на бујичном водотоку

### ПОДАЦИ О ПУТНОМ ПРОПУСТУ:

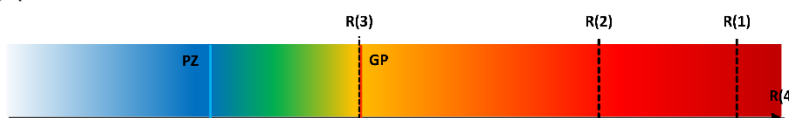
Путна деоница: Рашка - Нови Пазар  
 Категорија саобраћајнице: Државни пут 2. реда  
 Стационажа објекта: 247+524,23 Пропуст бр. : 41

### СЦЕНАРИО S=1 ...[Постојеће стање пропуста] :

Применом модела процене ризика за анализирани путни пропуст одређене су:

- Граничне вредности: 1. Праг значајности:  $PZ = 0,2603$   
 2. Граница прихватљивости:  $GP = 0,4545$   
 - Вредност ризика анализирани појаве:  $R(1) = 0,9404$

Класификација ризика:



На основу дијаграма одређено је да постојеће стање анализираниг пропуста поседује Висок (занемарљив/прихватљив/висок) ниво ризика.

### СЦЕНАРИО S=2 ...[Санитарно стање пропуста] :

Прва мера смањења ризика јесте примена радова на санацији путног пропуста:

MSR(2): уклањање вегетације на улазу и излазу, чишћење акумулираног каменог седимента и санација оштећених бетонских површина.

Поновном применом модела процене ризика, за санитарно стање путног пропуста, одређена је вредност ризика  $R(2) = 0,7622$ , која према дијаграму одређује

Висок (занемарљив/прихватљив/висок) ниво ризика услед примене радова на санацији пропуста.

### СЦЕНАРИО S=3 ...[Реконструисано стање пропуста]:

Друга мера смањења ризика јесте примена радова на реконструкцији путног пропуста:

MSR(3): хидрауличко обликовање улаза уређење водотока

Поновном применом модела процене ризика, за реконструисано стање пропуста, одређена је вредност ризика  $R(3) = 0,4527$ , која према дијаграму одређује

Прихватљив (занемарљив/прихватљив/висок) ниво ризика услед примене радова на реконструкцији пропуста.

### СЦЕНАРИО S=4 ...[Реконструисано стање пропуста]:

Друга мера смањења ризика јесте примена радова на реконструкцији путног пропуста:

MSR(4): \_\_\_\_\_

Поновном применом модела процене ризика, за реконструисано стање пропуста, одређена је вредност ризика  $R(4) =$  \_\_\_\_\_, која према дијаграму одређује

\_\_\_\_\_ (занемарљив/прихватљив/висок) ниво ризика услед примене радова на реконструкцији пропуста.

## ИЗВЕШТАЈ О ПРОЦЕНИ РИЗИКА

од појаве преливања воде преко саобраћајнице у профилу путног пропуста на бујичном водотоку

### ПОДАЦИ О ПУТНОМ ПРОПУСТУ:

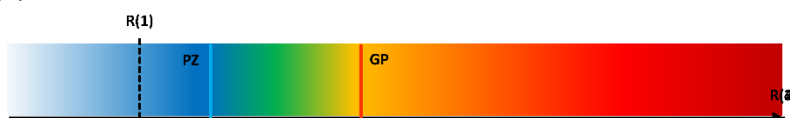
Путна деоница:	Рашка - Нови Пазар	
Категорија саобраћајнице:	Државни пут 2. реда	
Стационажа објекта:	247+736,66	Пропуст бр. : 42

### СЦЕНАРИО S=1 ...[Постојеће стање пропуста] :

Применом модела процене ризика за анализирани путни пропуст одређене су:

- Граничне вредности:	1. Праг значајности:	<b>PZ = 0,2603</b>
	2. Граница прихватљивости:	<b>GP = 0,4545</b>
- Вредност ризика анализирани појаве:		<b>R(1) = 0,1685</b>

Класификација ризика:



На основу дијаграма одређено је да постојеће стање анализираниг пропуста поседује Занемарљив (занемарљив/прихватљив/висок) ниво ризика.

### СЦЕНАРИО S=2 ...[Санитарно стање пропуста] :

Прва мера смањења ризика јесте примена радова на санацији путног пропуста:

**MSR(2):** \_\_\_\_\_

Поновном применом модела процене ризика, за санитарно стање путног пропуста, одређена је вредност ризика **R(2) = \_\_\_\_\_**, која према дијаграму одређује \_\_\_\_\_ (занемарљив/прихватљив/висок) ниво ризика услед примене радова на санацији пропуста.

### СЦЕНАРИО S=3 ...[Реконструисано стање пропуста]:

Друга мера смањења ризика јесте примена радова на реконструкцији путног пропуста:

**MSR(3):** \_\_\_\_\_

Поновном применом модела процене ризика, за реконструисано стање пропуста, одређена је вредност ризика **R(3) = \_\_\_\_\_**, која према дијаграму одређује \_\_\_\_\_ (занемарљив/прихватљив/висок) ниво ризика услед примене радова на реконструкцији пропуста.

### СЦЕНАРИО S=4 ...[Реконструисано стање пропуста]:

Друга мера смањења ризика јесте примена радова на реконструкцији путног пропуста:

**MSR(4):** \_\_\_\_\_

Поновном применом модела процене ризика, за реконструисано стање пропуста, одређена је вредност ризика **R(4) = \_\_\_\_\_**, која према дијаграму одређује \_\_\_\_\_ (занемарљив/прихватљив/висок) ниво ризика услед примене радова на реконструкцији пропуста.



## ИЗВЕШТАЈ О ПРОЦЕНИ РИЗИКА

од појаве преливања воде преко саобраћајнице у профилу путног пропуста на бујичном водотоку

### ПОДАЦИ О ПУТНОМ ПРОПУСТУ:

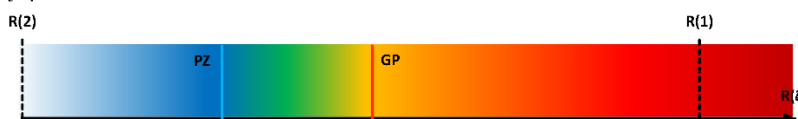
Путна деоница: Рапка - Нови Пазар  
 Категорија саобраћајнице: Државни пут 2. реда  
 Стационажа објекта: 248+456,77 Пропуст бр. : 43

### СЦЕНАРИО S=1 ...[Постојеће стање пропуста] :

Применом модела процене ризика за анализирани путни пропуст одређене су:

- Граничне вредности: 1. Праг значајности:  $PZ = 0,2603$   
 2. Граница прихватљивости:  $GP = 0,4545$   
 - Вредност ризика анализирани појаве:  $R(1) = 0,8772$

Класификација ризика:



На основу дијаграма одређено је да постојеће стање анализирани пропуста поседује Висок (занемарљив/прихватљив/висок) ниво ризика.

### СЦЕНАРИО S=2 ...[Санирано стање пропуста] :

Прва мера смањења ризика јесте примена радова на санацији путног пропуста:

**MSR(2):** уклањање вегетације на улазу и излазу, чишћење акумулираног каменог седимента и санација оштећених бетонских површина.

Поновном применом модела процене ризика, за санирано стање путног пропуста, одређена је вредност ризика  $R(2) = 0,0024$ , која према дијаграму одређује

Занемарљив (занемарљив/прихватљив/висок) ниво ризика услед примене радова на санацији пропуста.

### СЦЕНАРИО S=3 ...[Реконструисано стање пропуста]:

Друга мера смањења ризика јесте примена радова на реконструкцији путног пропуста:

**MSR(3):** \_\_\_\_\_

Поновном применом модела процене ризика, за реконструисано стање пропуста, одређена је вредност ризика  $R(3) =$  \_\_\_\_\_, која према дијаграму одређује

\_\_\_\_\_ (занемарљив/прихватљив/висок) ниво ризика услед примене радова на реконструкцији пропуста.

### СЦЕНАРИО S=4 ...[Реконструисано стање пропуста]:

Друга мера смањења ризика јесте примена радова на реконструкцији путног пропуста:

**MSR(4):** \_\_\_\_\_

Поновном применом модела процене ризика, за реконструисано стање пропуста, одређена је вредност ризика  $R(4) =$  \_\_\_\_\_, која према дијаграму одређује

\_\_\_\_\_ (занемарљив/прихватљив/висок) ниво ризика услед примене радова на реконструкцији пропуста.

## ИЗВЕШТАЈ О ПРОЦЕНИ РИЗИКА

од појаве преливања воде преко саобраћајнице у профилу путног пропуста на бујичном водотоку

### ПОДАЦИ О ПУТНОМ ПРОПУСТУ:

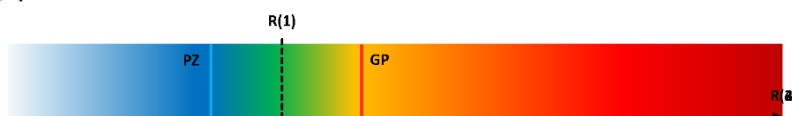
Путна деоница:	Рашка - Нови Пазар
Категорија саобраћајнице:	Државни пут 2. реда
Стационажа објекта:	248+550,84      Пропуст бр. : 44

### СЦЕНАРИО S=1 ...[Постојеће стање пропуста] :

Применом модела процене ризика за анализирани путни пропуст одређене су:

- Граничне вредности:	1. Праг значајности:	<b>PZ = 0,2603</b>
	2. Граница прихватљивости:	<b>GP = 0,4545</b>
- Вредност ризика анализираних појава:		<b>R(1) = 0,3518</b>

Класификација ризика:



На основу дијаграма одређено је да постојеће стање анализираних пропуста поседује Прихватљив (занемарљив/прихватљив/висок) ниво ризика.

### СЦЕНАРИО S=2 ...[Санисано стање пропуста] :

Прва мера смањења ризика јесте примена радова на санацији путног пропуста:

**MSR(2):** \_\_\_\_\_

Поновном применом модела процене ризика, за санисано стање путног пропуста, одређена је вредност ризика **R(2) = \_\_\_\_\_**, која према дијаграму одређује \_\_\_\_\_ (занемарљив/прихватљив/висок) ниво ризика услед примене радова на санацији пропуста.

### СЦЕНАРИО S=3 ...[Реконструисано стање пропуста]:

Друга мера смањења ризика јесте примена радова на реконструкцији путног пропуста:

**MSR(3):** \_\_\_\_\_

Поновном применом модела процене ризика, за реконструисано стање пропуста, одређена је вредност ризика **R(3) = \_\_\_\_\_**, која према дијаграму одређује \_\_\_\_\_ (занемарљив/прихватљив/висок) ниво ризика услед примене радова на реконструкцији пропуста.

### СЦЕНАРИО S=4 ...[Реконструисано стање пропуста]:

Друга мера смањења ризика јесте примена радова на реконструкцији путног пропуста:

**MSR(4):** \_\_\_\_\_

Поновном применом модела процене ризика, за реконструисано стање пропуста, одређена је вредност ризика **R(4) = \_\_\_\_\_**, која према дијаграму одређује \_\_\_\_\_ (занемарљив/прихватљив/висок) ниво ризика услед примене радова на реконструкцији пропуста.

## ИЗВЕШТАЈ О ПРОЦЕНИ РИЗИКА

од појаве преливања воде преко саобраћајнице у профилу путног пропуста на бујичном водотоку

### ПОДАЦИ О ПУТНОМ ПРОПУСТУ:

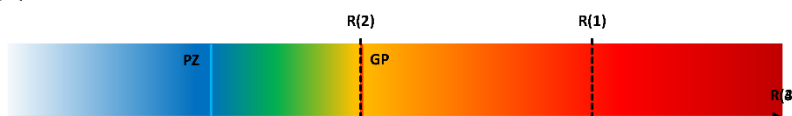
Путна деоница:	Рашка - Нови Пазар
Категорија саобраћајнице:	Државни пут 2. реда
Стационажа објекта:	248+721,08      Пропуст бр. : 45

### СЦЕНАРИО S=1 ...[Постојеће стање пропуста] :

Применом модела процене ризика за анализирани путни пропуст одређене су:

- Граничне вредности:	1. Праг значајности:	<b>PZ</b> =	<u>0,2603</u>
	2. Граница прихватљивости:	<b>GP</b> =	<u>0,4545</u>
- Вредност ризика анализирани појаве:		<b>R(1)</b> =	<u>0,7524</u>

Класификација ризика:



На основу дијаграма одређено је да постојеће стање анализирани пропуста поседује Висок (занемарљив/прихватљив/висок) ниво ризика.

### СЦЕНАРИО S=2 ...[Санирано стање пропуста] :

Прва мера смањења ризика јесте примена радова на санацији путног пропуста:

**MSR(2):** уклањање вегетације на улазу и излазу, чишћење акумулираног каменог седимента и санација оштећених бетонских површина.

Поновном применом модела процене ризика, за санирано стање путног пропуста, одређена је вредност ризика **R(2)** = 0,4533, која према дијаграму одређује

Прихватљив (занемарљив/прихватљив/висок) ниво ризика услед примене радова на санацији пропуста.

### СЦЕНАРИО S=3 ...[Реконструисано стање пропуста]:

Друга мера смањења ризика јесте примена радова на реконструкцији путног пропуста:

**MSR(3):** \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_

Поновном применом модела процене ризика, за реконструисано стање пропуста, одређена је вредност ризика **R(3)** = \_\_\_\_\_, која према дијаграму одређује

\_\_\_\_\_ (занемарљив/прихватљив/висок) ниво ризика услед примене радова на реконструкцији пропуста.

### СЦЕНАРИО S=4 ...[Реконструисано стање пропуста]:

Друга мера смањења ризика јесте примена радова на реконструкцији путног пропуста:

**MSR(4):** \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_

Поновном применом модела процене ризика, за реконструисано стање пропуста, одређена је вредност ризика **R(4)** = \_\_\_\_\_, која према дијаграму одређује

\_\_\_\_\_ (занемарљив/прихватљив/висок) ниво ризика услед примене радова на реконструкцији пропуста.

## ИЗВЕШТАЈ О ПРОЦЕНИ РИЗИКА

од појаве преливања воде преко саобраћајнице у профилу путног пропуста на бујичном водотоку

### ПОДАЦИ О ПУТНОМ ПРОПУСТУ:

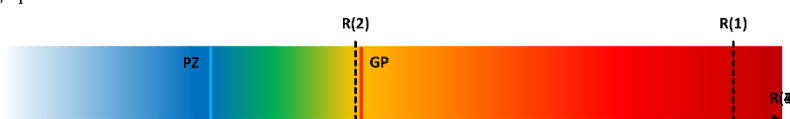
Путна деоница: Рашка - Нови Пазар  
 Категорија саобраћајнице: Државни пут 2. реда  
 Стационажа објекта: 249+329,99 Пропуст бр. : 46

### СЦЕНАРИО S=1 ...[Постојеће стање пропуста] :

Применом модела процене ризика за анализирани путни пропуст одређене су:

- Граничне вредности: 1. Праг значајности:  $PZ = 0,2603$   
 2. Граница прихватљивости:  $GP = 0,4545$   
 - Вредност ризика анализирани појаве:  $R(1) = 0,9353$

Класификација ризика:



На основу дијаграма одређено је да постојеће стање анализираниог пропуста поседује Висок (занемарљив/прихватљив/висок) ниво ризика.

### СЦЕНАРИО S=2 ...[Санирано стање пропуста] :

Прва мера смањења ризика јесте примена радова на санацији путног пропуста:

**MSR(2):** уклањање вегетације на улазу и излазу, чишћење акумулираног каменог седимента и санација оштећених бетонских површина.

Поновном применом модела процене ризика, за санирано стање путног пропуста, одређена је вредност ризика  $R(2) = 0,4471$ , која према дијаграму одређује

Прихватљив (занемарљив/прихватљив/висок) ниво ризика услед примене радова на санацији пропуста.

### СЦЕНАРИО S=3 ...[Реконструисано стање пропуста]:

Друга мера смањења ризика јесте примена радова на реконструкцији путног пропуста:

**MSR(3):** \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_

Поновном применом модела процене ризика, за реконструисано стање пропуста, одређена је вредност ризика  $R(3) =$  \_\_\_\_\_, која према дијаграму одређује

\_\_\_\_\_ (занемарљив/прихватљив/висок) ниво ризика услед примене радова на реконструкцији пропуста.

### СЦЕНАРИО S=4 ...[Реконструисано стање пропуста]:

Друга мера смањења ризика јесте примена радова на реконструкцији путног пропуста:

**MSR(4):** \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_

Поновном применом модела процене ризика, за реконструисано стање пропуста, одређена је вредност ризика  $R(4) =$  \_\_\_\_\_, која према дијаграму одређује

\_\_\_\_\_ (занемарљив/прихватљив/висок) ниво ризика услед примене радова на реконструкцији пропуста.

## ИЗВЕШТАЈ О ПРОЦЕНИ РИЗИКА

од појаве преливања воде преко саобраћајнице у профилу путног пропуста на бујичном водотоку

### ПОДАЦИ О ПУТНОМ ПРОПУСТУ:

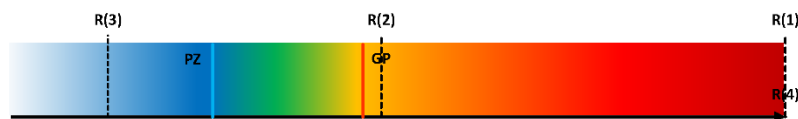
Путна деоница: Рапка - Нови Пазар  
 Категорија саобраћајнице: Државни пут 2. реда  
 Стационажа објекта: 249+551,94 Пропуст бр.: 47

### СЦЕНАРИО S=1 ...[Постојеће стање пропуста] :

Применом модела процене ризика за анализирани путни пропуст одређене су:

- Граничне вредности: 1. Праг значајности:  $PZ = \underline{0,2603}$   
 2. Граница прихватљивости:  $GP = \underline{0,4545}$   
 - Вредност ризика анализирани појаве:  $R(1) = \underline{1}$

Класификација ризика:



На основу дијаграма одређено је да постојеће стање анализираниг пропуста поседује Висок (занемарљив/прихватљив/висок) ниво ризика.

### СЦЕНАРИО S=2 ...[Санитарно стање пропуста] :

Прва мера смањења ризика јесте примена радова на санацији путног пропуста:

**MSR(2):** уклањање вегетације на улазу и излазу, чишћење акумулираног каменог седимента и санација оштећених бетонских површина.

Поновном применом модела процене ризика, за санитарно стање путног пропуста, одређена је вредност ризика  $R(2) = \underline{0,4782}$ , која према дијаграму одређује

Висок (занемарљив/прихватљив/висок) ниво ризика услед примене радова на санацији пропуста.

### СЦЕНАРИО S=3 ...[Реконструисано стање пропуста]:

Друга мера смањења ризика јесте примена радова на реконструкцији путног пропуста:

**MSR(3):** хидрауличко обликовање улаза

Поновном применом модела процене ризика, за реконструисано стање пропуста, одређена је вредност ризика  $R(3) = \underline{0,1252}$ , која према дијаграму одређује

Занемарљив (занемарљив/прихватљив/висок) ниво ризика услед примене радова на реконструкцији пропуста.

### СЦЕНАРИО S=4 ...[Реконструисано стање пропуста]:

Друга мера смањења ризика јесте примена радова на реконструкцији путног пропуста:

**MSR(4):** \_\_\_\_\_

Поновном применом модела процене ризика, за реконструисано стање пропуста, одређена је вредност ризика  $R(4) = \underline{\hspace{2cm}}$ , која према дијаграму одређује

\_\_\_\_\_ (занемарљив/прихватљив/висок) ниво ризика услед примене радова на реконструкцији пропуста.

## ИЗВЕШТАЈ О ПРОЦЕНИ РИЗИКА

од појаве преливања воде преко саобраћајнице у профилу путног пропуста на бујичном водотоку

### ПОДАЦИ О ПУТНОМ ПРОПУСТУ:

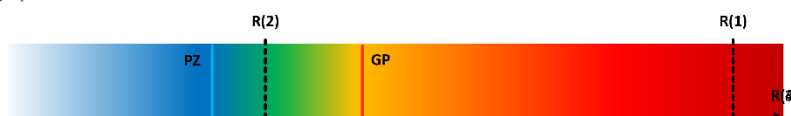
Путна деоница:	Рашка - Нови Пазар
Категорија саобраћајнице:	Државни пут 2. реда
Стационажа објекта:	249+782,51 Пропуст бр. : 48

### СЦЕНАРИО S=1 ...[Постојеће стање пропуста] :

Применом модела процене ризика за анализирани путни пропуст одређене су:

- Граничне вредности:	1. Праг значајности:	$PZ = 0,2603$
	2. Граница прихватљивости:	$GP = 0,4545$
- Вредност ризика анализирани појаве:		$R(1) = 0,9336$

Класификација ризика:



На основу дијаграма одређено је да постојеће стање анализирани пропуста поседује Висок (занемарљив/прихватљив/висок) ниво ризика.

### СЦЕНАРИО S=2 ...[Санитарно стање пропуста] :

Прва мера смањења ризика јесте примена радова на санацији путног пропуста:

**MSR(2):** уклањање вегетације на улазу и излазу, чишћење акумулираног каменог седимента и санација оштећених бетонских површина.

Поновном применом модела процене ризика, за санитарно стање путног пропуста, одређена је вредност ризика  $R(2) = 0,329$ , која према дијаграму одређује

Прихватљив (занемарљив/прихватљив/висок) ниво ризика услед примене радова на санацији пропуста.

### СЦЕНАРИО S=3 ...[Реконструисано стање пропуста]:

Друга мера смањења ризика јесте примена радова на реконструкцији путног пропуста:

**MSR(3):** \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_

Поновном применом модела процене ризика, за реконструисано стање пропуста, одређена је вредност ризика  $R(3) =$  \_\_\_\_\_, која према дијаграму одређује

\_\_\_\_\_ (занемарљив/прихватљив/висок) ниво ризика услед примене радова на реконструкцији пропуста.

### СЦЕНАРИО S=4 ...[Реконструисано стање пропуста]:

Друга мера смањења ризика јесте примена радова на реконструкцији путног пропуста:

**MSR(4):** \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_

Поновном применом модела процене ризика, за реконструисано стање пропуста, одређена је вредност ризика  $R(4) =$  \_\_\_\_\_, која према дијаграму одређује

\_\_\_\_\_ (занемарљив/прихватљив/висок) ниво ризика услед примене радова на реконструкцији пропуста.

## ИЗВЕШТАЈ О ПРОЦЕНИ РИЗИКА

од појаве преливања воде преко саобраћајнице у профилу путног пропуста на бујичном водотоку

### ПОДАЦИ О ПУТНОМ ПРОПУСТУ:

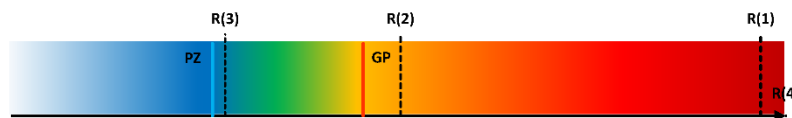
Путна деоница: Рашка - Нови Пазар  
 Категорија саобраћајнице: Државни пут 2. реда  
 Стационажа објекта: 249+954,08 Пропуст бр.: 49

### СЦЕНАРИО S=1 ...[Постојеће стање пропуста] :

Применом модела процене ризика за анализирани путни пропуст одређене су:

- Граничне вредности: 1. Праг значајности:  $PZ = 0,2603$   
 2. Граница прихватљивости:  $GP = 0,4545$   
 - Вредност ризика анализиране појаве:  $R(1) = 0,9678$

Класификација ризика:



На основу дијаграма одређено је да постојеће стање анализираног пропуста поседује Висок (занемарљив/прихватљив/висок) ниво ризика.

### СЦЕНАРИО S=2 ...[Санирано стање пропуста] :

Прва мера смањења ризика јесте примена радова на санацији путног пропуста:

**MSR(2):** уклањање вегетације на улазу и излазу, чишћење акумулираног каменог седимента и санација оштећених бетонских површина.

Поновном применом модела процене ризика, за санирано стање путног пропуста, одређена је вредност ризика  $R(2) = 0,5029$ , која према дијаграму одређује

Висок (занемарљив/прихватљив/висок) ниво ризика услед примене радова на санацији пропуста.

### СЦЕНАРИО S=3 ...[Реконструисано стање пропуста]:

Друга мера смањења ризика јесте примена радова на реконструкцији путног пропуста:

**MSR(3):** хидрауличко обликовање улаза

Поновном применом модела процене ризика, за реконструисано стање пропуста, одређена је вредност ризика  $R(3) = 0,2763$ , која према дијаграму одређује

Прихватљив (занемарљив/прихватљив/висок) ниво ризика услед примене радова на реконструкцији пропуста.

### СЦЕНАРИО S=4 ...[Реконструисано стање пропуста]:

Друга мера смањења ризика јесте примена радова на реконструкцији путног пропуста:

**MSR(4):** \_\_\_\_\_

Поновном применом модела процене ризика, за реконструисано стање пропуста, одређена је вредност ризика  $R(4) =$  \_\_\_\_\_, која према дијаграму одређује

\_\_\_\_\_ (занемарљив/прихватљив/висок) ниво ризика услед примене радова на реконструкцији пропуста.

## ИЗВЕШТАЈ О ПРОЦЕНИ РИЗИКА

од појаве преливања воде преко саобраћајнице у профилу путног пропуста на бујичном водотоку

### ПОДАЦИ О ПУТНОМ ПРОПУСТУ:

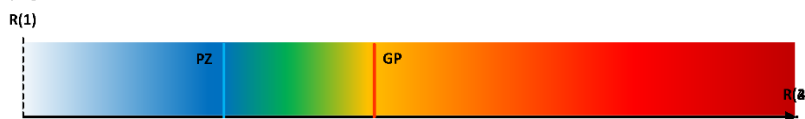
Путна деоница:	Рашка - Нови Пазар
Категорија саобраћајнице:	Државни пут 2. реда
Стационажа објекта:	250+157,09      Пропуст бр. : 50

### СЦЕНАРИО S=1 ...[Постојеће стање пропуста] :

Применом модела процене ризика за анализирани путни пропуст одређене су:

- Граничне вредности:	1. Праг значајности:	<b>PZ = 0,2603</b>
	2. Граница прихватљивости:	<b>GP = 0,4545</b>
- Вредност ризика анализираних појава:		<b>R(1) = 0,0001</b>

Класификација ризика:



На основу дијаграма одређено је да постојеће стање анализираних пропуста поседује Занемарљив (занемарљив/прихватљив/висок) ниво ризика.

### СЦЕНАРИО S=2 ...[Санисано стање пропуста] :

Прва мера смањења ризика јесте примена радова на санацији путног пропуста:

**MSR(2):** \_\_\_\_\_

Поновном применом модела процене ризика, за санисано стање путног пропуста, одређена је вредност ризика **R(2) = \_\_\_\_\_**, која према дијаграму одређује \_\_\_\_\_ (занемарљив/прихватљив/висок) ниво ризика услед примене радова на санацији пропуста.

### СЦЕНАРИО S=3 ...[Реконструисано стање пропуста]:

Друга мера смањења ризика јесте примена радова на реконструкцији путног пропуста:

**MSR(3):** \_\_\_\_\_

Поновном применом модела процене ризика, за реконструисано стање пропуста, одређена је вредност ризика **R(3) = \_\_\_\_\_**, која према дијаграму одређује \_\_\_\_\_ (занемарљив/прихватљив/висок) ниво ризика услед примене радова на реконструкцији пропуста.

### СЦЕНАРИО S=4 ...[Реконструисано стање пропуста]:

Друга мера смањења ризика јесте примена радова на реконструкцији путног пропуста:

**MSR(4):** \_\_\_\_\_

Поновном применом модела процене ризика, за реконструисано стање пропуста, одређена је вредност ризика **R(4) = \_\_\_\_\_**, која према дијаграму одређује \_\_\_\_\_ (занемарљив/прихватљив/висок) ниво ризика услед примене радова на реконструкцији пропуста.



## ИЗВЕШТАЈ О ПРОЦЕНИ РИЗИКА

од појаве преливања воде преко саобраћајнице у профилу путног пропуста на бујичном водотоку

### ПОДАЦИ О ПУТНОМ ПРОПУСТУ:

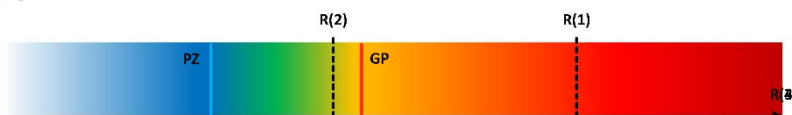
Путна деоница:	Рашка - Нови Пазар
Категорија саобраћајнице:	Државни пут 2. реда
Стационаража објекта:	250+246,86      Пропуст бр. : 51

### СЦЕНАРИО S=1 ...[Постојеће стање пропуста] :

Применом модела процене ризика за анализирани путни пропуст одређене су:

- Граничне вредности:	1. Праг значајности:	<b>PZ = 0,2603</b>
	2. Граница прихватљивости:	<b>GP = 0,4545</b>
- Вредност ризика анализирани појаве:		<b>R(1) = 0,7324</b>

Класификација ризика:



На основу дијаграма одређено је да постојеће стање анализирани пропуста поседује Висок (занемарљив/прихватљив/висок) ниво ризика.

### СЦЕНАРИО S=2 ...[Санирано стање пропуста] :

Прва мера смањења ризика јесте примена радова на санацији путног пропуста:

**MSR(2):** уклањање вегетације на улазу и излазу, чишћење акумулираног каменог седимента и санација оштећених бетонских површина.

Поновном применом модела процене ризика, за санирано стање путног пропуста, одређена је вредност ризика **R(2) = 0,4182**, која према дијаграму одређује

Прихватљив (занемарљив/прихватљив/висок) ниво ризика услед примене радова на санацији пропуста.

### СЦЕНАРИО S=3 ...[Реконструисано стање пропуста]:

Друга мера смањења ризика јесте примена радова на реконструкцији путног пропуста:

**MSR(3):** \_\_\_\_\_

Поновном применом модела процене ризика, за реконструисано стање пропуста, одређена је вредност ризика **R(3) = \_\_\_\_\_**, која према дијаграму одређује

\_\_\_\_\_ (занемарљив/прихватљив/висок) ниво ризика услед примене радова на реконструкцији пропуста.

### СЦЕНАРИО S=4 ...[Реконструисано стање пропуста]:

Друга мера смањења ризика јесте примена радова на реконструкцији путног пропуста:

**MSR(4):** \_\_\_\_\_

Поновном применом модела процене ризика, за реконструисано стање пропуста, одређена је вредност ризика **R(4) = \_\_\_\_\_**, која према дијаграму одређује

\_\_\_\_\_ (занемарљив/прихватљив/висок) ниво ризика услед примене радова на реконструкцији пропуста.

## **ИЗВЕШТАЈ О ПРОЦЕНИ РИЗИКА**

од појаве преливања воде преко саобраћајнице у профилу путног пропуста на бујичном водотоку

### **ПОДАЦИ О ПУТНОМ ПРОПУСТУ:**

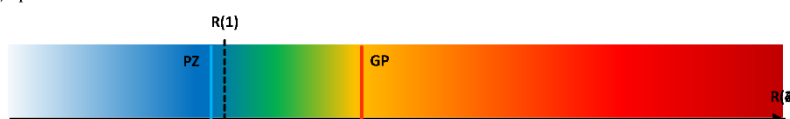
Путна деоница:	Рашка - Нови Пазар	
Категорија саобраћајнице:	Државни пут 2. реда	
Стационажа објекта:	250+365,82	Пропуст бр. : 52

### **СЦЕНАРИО S=1 ...[Постојеће стање пропуста] :**

Применом модела процене ризика за анализирани путни пропуст одређене су:

- Граничне вредности:	1. Праг значајности:	<b>PZ</b> =	<b>0,2603</b>
	2. Граница прихватљивости:	<b>GP</b> =	<b>0,4545</b>
- Вредност ризика анализирани појаве:		<b>R(1)</b> =	<b>0,2776</b>

Класификација ризика:



На основу дијаграма одређено је да постојеће стање анализираниг пропуста поседује Прихватљив (занемарљив/прихватљив/висок) ниво ризика.

### **СЦЕНАРИО S=2 ...[Санитарно стање пропуста] :**

Прва мера смањења ризика јесте примена радова на санацији путног пропуста:

**MSR(2):** \_\_\_\_\_

Поновном применом модела процене ризика, за санитарно стање путног пропуста, одређена је вредност ризика **R(2)** = \_\_\_\_\_, која према дијаграму одређује \_\_\_\_\_ (занемарљив/прихватљив/висок) ниво ризика услед примене радова на санацији пропуста.

### **СЦЕНАРИО S=3 ...[Реконструисано стање пропуста]:**

Друга мера смањења ризика јесте примена радова на реконструкцији путног пропуста:

**MSR(3):** \_\_\_\_\_

Поновном применом модела процене ризика, за реконструисано стање пропуста, одређена је вредност ризика **R(3)** = \_\_\_\_\_, која према дијаграму одређује \_\_\_\_\_ (занемарљив/прихватљив/висок) ниво ризика услед примене радова на реконструкцији пропуста.

### **СЦЕНАРИО S=4 ...[Реконструисано стање пропуста]:**

Друга мера смањења ризика јесте примена радова на реконструкцији путног пропуста:

**MSR(4):** \_\_\_\_\_

Поновном применом модела процене ризика, за реконструисано стање пропуста, одређена је вредност ризика **R(4)** = \_\_\_\_\_, која према дијаграму одређује \_\_\_\_\_ (занемарљив/прихватљив/висок) ниво ризика услед примене радова на реконструкцији пропуста.

## ИЗВЕШТАЈ О ПРОЦЕНИ РИЗИКА

од појаве преливања воде преко саобраћајнице у профилу путног пропуста на бујичном водотоку

### ПОДАЦИ О ПУТНОМ ПРОПУСТУ:

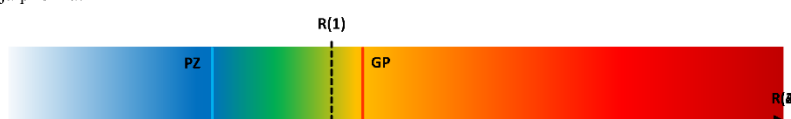
Путна деоница: Рашка - Нови Пазар  
 Категорија саобраћајнице: Државни пут 2. реда  
 Стационажа објекта: 250+506,79 Пропуст бр. : 53

### СЦЕНАРИО S=1 ...[Постојеће стање пропуста] :

Применом модела процене ризика за анализирани путни пропуст одређене су:

- Граничне вредности: 1. Праг значајности:  $PZ = 0,2603$   
 2. Граница прихватљивости:  $GP = 0,4545$   
 - Вредност ризика анализирани појаве:  $R(1) = 0,4144$

Класификација ризика:



На основу дијаграма одређено је да постојеће стање анализираниг пропуста поседује Прихватљив (занемарљив/прихватљив/висок) ниво ризика.

### СЦЕНАРИО S=2 ...[Санитарно стање пропуста] :

Прва мера смањења ризика јесте примена радова на санацији путног пропуста:

**MSR(2):** \_\_\_\_\_

Поновном применом модела процене ризика, за санитарно стање путног пропуста, одређена је вредност ризика  $R(2) =$  \_\_\_\_\_, која према дијаграму одређује \_\_\_\_\_ (занемарљив/прихватљив/висок) ниво ризика услед примене радова на санацији пропуста.

### СЦЕНАРИО S=3 ...[Реконструисано стање пропуста]:

Друга мера смањења ризика јесте примена радова на реконструкцији путног пропуста:

**MSR(3):** \_\_\_\_\_

Поновном применом модела процене ризика, за реконструисано стање пропуста, одређена је вредност ризика  $R(3) =$  \_\_\_\_\_, која према дијаграму одређује \_\_\_\_\_ (занемарљив/прихватљив/висок) ниво ризика услед примене радова на реконструкцији пропуста.

### СЦЕНАРИО S=4 ...[Реконструисано стање пропуста]:

Друга мера смањења ризика јесте примена радова на реконструкцији путног пропуста:

**MSR(4):** \_\_\_\_\_

Поновном применом модела процене ризика, за реконструисано стање пропуста, одређена је вредност ризика  $R(4) =$  \_\_\_\_\_, која према дијаграму одређује \_\_\_\_\_ (занемарљив/прихватљив/висок) ниво ризика услед примене радова на реконструкцији пропуста.

## ИЗВЕШТАЈ О ПРОЦЕНИ РИЗИКА

од појаве преливања воде преко саобраћајнице у профилу путног пропуста на бујичном водотоку

### ПОДАЦИ О ПУТНОМ ПРОПУСТУ:

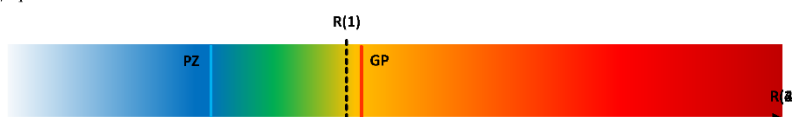
Путна деоница:	Рашка - Нови Пазар
Категорија саобраћајнице:	Државни пут 2. реда
Стационажа објекта:	250+575,28      Пропуст бр. : 54

### СЦЕНАРИО S=1 ...[Постојеће стање пропуста] :

Применом модела процене ризика за анализирани путни пропуст одређене су:

- Граничне вредности:	1. Праг значајности:	<b>PZ</b> =	<u>0,2603</u>
	2. Граница прихватљивости:	<b>GP</b> =	<u>0,4545</u>
- Вредност ризика анализирани појаве:		<b>R(1)</b> =	<u>0,4353</u>

Класификација ризика:



На основу дијаграма одређено је да постојеће стање анализираниг пропуста поседује Прихватљив (занемарљив/прихватљив/висок) ниво ризика.

### СЦЕНАРИО S=2 ...[Санирано стање пропуста] :

Прва мера смањења ризика јесте примена радова на санацији путног пропуста:

**MSR(2):** \_\_\_\_\_

Поновном применом модела процене ризика, за санирано стање путног пропуста, одређена је вредност ризика **R(2)** = \_\_\_\_\_, која према дијаграму одређује

\_\_\_\_\_ (занемарљив/прихватљив/висок) ниво ризика услед примене радова на санацији пропуста.

### СЦЕНАРИО S=3 ...[Реконструисано стање пропуста]:

Друга мера смањења ризика јесте примена радова на реконструкцији путног пропуста:

**MSR(3):** \_\_\_\_\_

Поновном применом модела процене ризика, за реконструисано стање пропуста, одређена је вредност ризика **R(3)** = \_\_\_\_\_, која према дијаграму одређује

\_\_\_\_\_ (занемарљив/прихватљив/висок) ниво ризика услед примене радова на реконструкцији пропуста.

### СЦЕНАРИО S=4 ...[Реконструисано стање пропуста]:

Друга мера смањења ризика јесте примена радова на реконструкцији путног пропуста:

**MSR(4):** \_\_\_\_\_

Поновном применом модела процене ризика, за реконструисано стање пропуста, одређена је вредност ризика **R(4)** = \_\_\_\_\_, која према дијаграму одређује

\_\_\_\_\_ (занемарљив/прихватљив/висок) ниво ризика услед примене радова на реконструкцији пропуста.

## ИЗВЕШТАЈ О ПРОЦЕНИ РИЗИКА

од појаве преливања воде преко саобраћајнице у профилу путног пропуста на бујичном водотоку

### ПОДАЦИ О ПУТНОМ ПРОПУСТУ:

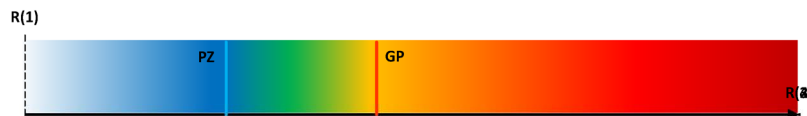
Путна деоница: Рашка - Нови Пазар  
 Категорија саобраћајнице: Државни пут 2. реда  
 Стационажа објекта: 250+787,30 Пропуст бр. : 55

### СЦЕНАРИО S=1 ...[Постојеће стање пропуста] :

Применом модела процене ризика за анализирани путни пропуст одређене су:

- Граничне вредности: 1. Праг значајности:  $PZ = 0,2603$   
 2. Граница прихватљивости:  $GP = 0,4545$   
 - Вредност ризика анализирани појаве:  $R(1) = 0$

Класификација ризика:



На основу дијаграма одређено је да постојеће стање анализираниг пропуста поседује Занемарљив (занемарљив/прихватљив/висок) ниво ризика.

### СЦЕНАРИО S=2 ...[Санитарно стање пропуста] :

Прва мера смањења ризика јесте примена радова на санацији путног пропуста:

MSR(2): \_\_\_\_\_

Поновном применом модела процене ризика, за санитарно стање путног пропуста, одређена је вредност ризика  $R(2) =$  \_\_\_\_\_, која према дијаграму одређује \_\_\_\_\_ (занемарљив/прихватљив/висок) ниво ризика услед примене радова на санацији пропуста.

### СЦЕНАРИО S=3 ...[Реконструисано стање пропуста]:

Друга мера смањења ризика јесте примена радова на реконструкцији путног пропуста:

MSR(3): \_\_\_\_\_

Поновном применом модела процене ризика, за реконструисано стање пропуста, одређена је вредност ризика  $R(3) =$  \_\_\_\_\_, која према дијаграму одређује \_\_\_\_\_ (занемарљив/прихватљив/висок) ниво ризика услед примене радова на реконструкцији пропуста.

### СЦЕНАРИО S=4 ...[Реконструисано стање пропуста]:

Друга мера смањења ризика јесте примена радова на реконструкцији путног пропуста:

MSR(4): \_\_\_\_\_

Поновном применом модела процене ризика, за реконструисано стање пропуста, одређена је вредност ризика  $R(4) =$  \_\_\_\_\_, која према дијаграму одређује \_\_\_\_\_ (занемарљив/прихватљив/висок) ниво ризика услед примене радова на реконструкцији пропуста.

## ИЗВЕШТАЈ О ПРОЦЕНИ РИЗИКА

од појаве преливања воде преко саобраћајнице у профилу путног пропуста на бујичном водотоку

### ПОДАЦИ О ПУТНОМ ПРОПУСТУ:

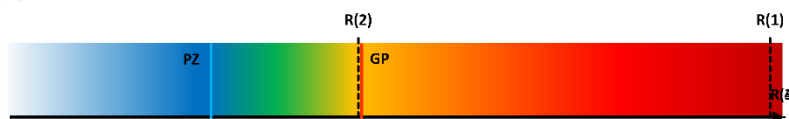
Путна деоница: Рапка - Нови Пазар  
 Категорија саобраћајнице: Државни пут 2. реда  
 Стационажа објекта: 250+990,72 Пропуст бр. : 56

### СЦЕНАРИО S=1 ...[Постојеће стање пропуста] :

Применом модела процене ризика за анализирани путни пропуст одређене су:

- Граничне вредности: 1. Праг значајности:  $PZ = 0,2603$   
 2. Граница прихватљивости:  $GP = 0,4545$   
 - Вредност ризика анализиране појаве:  $R(1) = 0,9821$

Класификација ризика:



На основу дијаграма одређено је да постојеће стање анализираног пропуста поседује Висок (занемарљив/прихватљив/висок) ниво ризика.

### СЦЕНАРИО S=2 ...[Санирано стање пропуста] :

Прва мера смањења ризика јесте примена радова на санацији путног пропуста:

**MSR(2):** уклањање вегетације на улазу и излазу, чишћење акумулираног каменог седимента и санација оштећених бетонских површина.

Поновном применом модела процене ризика, за санирано стање путног пропуста, одређена је вредност ризика  $R(2) = 0,4503$ , која према дијаграму одређује

Прихватљив (занемарљив/прихватљив/висок) ниво ризика услед примене радова на санацији пропуста.

### СЦЕНАРИО S=3 ...[Реконструисано стање пропуста]:

Друга мера смањења ризика јесте примена радова на реконструкцији путног пропуста:

**MSR(3):** \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_

Поновном применом модела процене ризика, за реконструисано стање пропуста, одређена је вредност ризика  $R(3) =$  \_\_\_\_\_, која према дијаграму одређује

\_\_\_\_\_ (занемарљив/прихватљив/висок) ниво ризика услед примене радова на реконструкцији пропуста.

### СЦЕНАРИО S=4 ...[Реконструисано стање пропуста]:

Друга мера смањења ризика јесте примена радова на реконструкцији путног пропуста:

**MSR(4):** \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_

Поновном применом модела процене ризика, за реконструисано стање пропуста, одређена је вредност ризика  $R(4) =$  \_\_\_\_\_, која према дијаграму одређује

\_\_\_\_\_ (занемарљив/прихватљив/висок) ниво ризика услед примене радова на реконструкцији пропуста.

## ИЗВЕШТАЈ О ПРОЦЕНИ РИЗИКА

од појаве преливања воде преко саобраћајнице у профилу путног пропуста на бујичном водотоку

### ПОДАЦИ О ПУТНОМ ПРОПУСТУ:

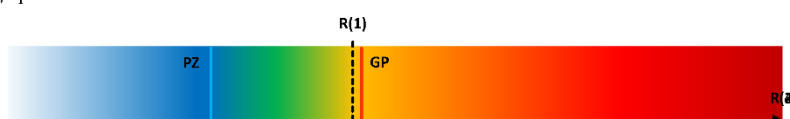
Путна деоница: \_\_\_\_\_ Рашка - Нови Пазар  
 Категорија саобраћајнице: \_\_\_\_\_ Државни пут 2. реда  
 Стационажна објекта: \_\_\_\_\_ 251+346,95 Пропуст бр. : 57

### СЦЕНАРИО S=1 ...[Постојеће стање пропуста] :

Применом модела процене ризика за анализирани путни пропуст одређене су:

- Граничне вредности: 1. Праг значајности:  $PZ = 0,2603$   
 2. Граница прихватљивости:  $GP = 0,4545$   
 - Вредност ризика анализирани појаве:  $R(1) = 0,4432$

Класификација ризика:



На основу дијаграма одређено је да постојеће стање анализираниг пропуста поседује Прихватљив (занемарљив/прихватљив/висок) ниво ризика.

### СЦЕНАРИО S=2 ...[Санитарно стање пропуста] :

Прва мера смањења ризика јесте примена радова на санацији путног пропуста:

**MSR(2):** \_\_\_\_\_

Поновном применом модела процене ризика, за санитарно стање путног пропуста, одређена је вредност ризика  $R(2) =$  \_\_\_\_\_, која према дијаграму одређује

\_\_\_\_\_ (занемарљив/прихватљив/висок) ниво ризика услед примене радова на санацији пропуста.

### СЦЕНАРИО S=3 ...[Реконструисано стање пропуста]:

Друга мера смањења ризика јесте примена радова на реконструкцији путног пропуста:

**MSR(3):** \_\_\_\_\_

Поновном применом модела процене ризика, за реконструисано стање пропуста, одређена је вредност ризика  $R(3) =$  \_\_\_\_\_, која према дијаграму одређује

\_\_\_\_\_ (занемарљив/прихватљив/висок) ниво ризика услед примене радова на реконструкцији пропуста.

### СЦЕНАРИО S=4 ...[Реконструисано стање пропуста]:

Друга мера смањења ризика јесте примена радова на реконструкцији путног пропуста:

**MSR(4):** \_\_\_\_\_

Поновном применом модела процене ризика, за реконструисано стање пропуста, одређена је вредност ризика  $R(4) =$  \_\_\_\_\_, која према дијаграму одређује

\_\_\_\_\_ (занемарљив/прихватљив/висок) ниво ризика услед примене радова на реконструкцији пропуста.

## **ИЗВЕШТАЈ О ПРОЦЕНИ РИЗИКА**

од појаве преливања воде преко саобраћајнице у профилу путног пропуста на бујичном водотоку

### **ПОДАЦИ О ПУТНОМ ПРОПУСТУ:**

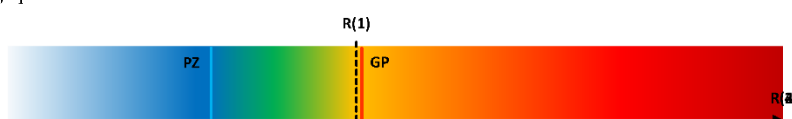
Путна деоница:	Рашка - Нови Пазар
Категорија саобраћајнице:	Државни пут 2. реда
Стационажа објекта:	251+541,72      Пропуст бр. : 58

### **СЦЕНАРИО S=1 ...[Постојеће стање пропуста] :**

Применом модела процене ризика за анализирани путни пропуст одређене су:

- Граничне вредности:	1. Праг значајности:	<b>PZ = 0,2603</b>
	2. Граница прихватљивости:	<b>GP = 0,4545</b>
- Вредност ризика анализирани појаве:		<b>R(1) = 0,4476</b>

Класификација ризика:



На основу дијаграма одређено је да постојеће стање анализираниог пропуста поседује Прихватљив (занемарљив/прихватљив/висок) ниво ризика.

### **СЦЕНАРИО S=2 ...[Санирано стање пропуста] :**

Прва мера смањења ризика јесте примена радова на санацији путног пропуста:

**MSR(2):** \_\_\_\_\_

Поновном применом модела процене ризика, за санирано стање путног пропуста, одређена је вредност ризика **R(2) = \_\_\_\_\_**, која према дијаграму одређује

\_\_\_\_\_ (занемарљив/прихватљив/висок) ниво ризика услед примене радова на санацији пропуста.

### **СЦЕНАРИО S=3 ...[Реконструисано стање пропуста]:**

Друга мера смањења ризика јесте примена радова на реконструкцији путног пропуста:

**MSR(3):** \_\_\_\_\_

Поновном применом модела процене ризика, за реконструисано стање пропуста, одређена је вредност ризика **R(3) = \_\_\_\_\_**, која према дијаграму одређује

\_\_\_\_\_ (занемарљив/прихватљив/висок) ниво ризика услед примене радова на реконструкцији пропуста.

### **СЦЕНАРИО S=4 ...[Реконструисано стање пропуста]:**

Друга мера смањења ризика јесте примена радова на реконструкцији путног пропуста:

**MSR(4):** \_\_\_\_\_

Поновном применом модела процене ризика, за реконструисано стање пропуста, одређена је вредност ризика **R(4) = \_\_\_\_\_**, која према дијаграму одређује

\_\_\_\_\_ (занемарљив/прихватљив/висок) ниво ризика услед примене радова на реконструкцији пропуста.



## ИЗВЕШТАЈ О ПРОЦЕНИ РИЗИКА

од појаве преливања воде преко саобраћајнице у профилу путног пропуста на бујичном водотоку

### ПОДАЦИ О ПУТНОМ ПРОПУСТУ:

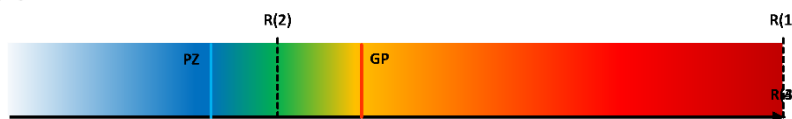
Путна деоница:	Рашка - Нови Пазар
Категорија саобраћајнице:	Државни пут 2. реда
Стационажа објекта:	251+667,78      Пропуст бр. : 59

### СЦЕНАРИО S=1 ...[Постојеће стање пропуста] :

Применом модела процене ризика за анализирани путни пропуст одређене су:

- Граничне вредности:	1. Праг значајности:	<b>PZ = 0,2603</b>
	2. Граница прихватљивости:	<b>GP = 0,4545</b>
- Вредност ризика анализирани појаве:		<b>R(1) = 0,9993</b>

Класификација ризика:



На основу дијаграма одређено је да постојеће стање анализираниог пропуста поседује Висок (занемарљив/прихватљив/висок) ниво ризика.

### СЦЕНАРИО S=2 ...[Санирано стање пропуста] :

Прва мера смањења ризика јесте примена радова на санацији путног пропуста:

**MSR(2):** уклањање вегетације на улазу и излазу, чишћење акумулираног каменог седимента и санација оштећених бетонских површина.

Поновном применом модела процене ризика, за санирано стање путног пропуста, одређена је вредност ризика **R(2) = 0,3461**, која према дијаграму одређује

Прихватљив (занемарљив/прихватљив/висок) ниво ризика услед примене радова на санацији пропуста.

### СЦЕНАРИО S=3 ...[Реконструисано стање пропуста]:

Друга мера смањења ризика јесте примена радова на реконструкцији путног пропуста:

**MSR(3):** \_\_\_\_\_

Поновном применом модела процене ризика, за реконструисано стање пропуста, одређена је вредност ризика **R(3) = \_\_\_\_\_**, која према дијаграму одређује

\_\_\_\_\_ (занемарљив/прихватљив/висок) ниво ризика услед примене радова на реконструкцији пропуста.

### СЦЕНАРИО S=4 ...[Реконструисано стање пропуста]:

Друга мера смањења ризика јесте примена радова на реконструкцији путног пропуста:

**MSR(4):** \_\_\_\_\_

Поновном применом модела процене ризика, за реконструисано стање пропуста, одређена је вредност ризика **R(4) = \_\_\_\_\_**, која према дијаграму одређује

\_\_\_\_\_ (занемарљив/прихватљив/висок) ниво ризика услед примене радова на реконструкцији пропуста.

## ИЗВЕШТАЈ О ПРОЦЕНИ РИЗИКА

од појаве преливања воде преко саобраћајнице у профилу путног пропуста на бујичном водотоку

### ПОДАЦИ О ПУТНОМ ПРОПУСТУ:

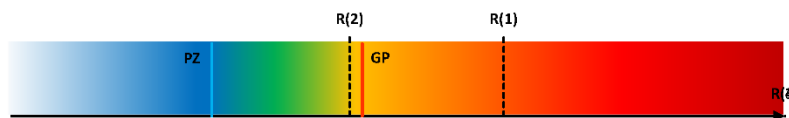
Путна деоница: Рашка - Нови Пазар  
 Категорија саобраћајнице: Државни пут 2. реда  
 Стационажа објекта: 252+038,90 Пропуст бр.: 60

### СЦЕНАРИО S=1 ...[Постојеће стање пропуста] :

Применом модела процене ризика за анализирани путни пропуст одређене су:

- Граничне вредности: 1. Праг значајности: **PZ = 0,2603**  
 2. Граница прихватљивости: **GP = 0,4545**  
 - Вредност ризика анализирани појаве: **R(1) = 0,6371**

Класификација ризика:



На основу дијаграма одређено је да постојеће стање анализираниг пропуста поседује Висок (занемарљив/прихватљив/висок) ниво ризика.

### СЦЕНАРИО S=2 ...[Санитарно стање пропуста] :

Прва мера смањења ризика јесте примена радова на санацији путног пропуста:

**MSR(2):** уклањање вегетације на улазу и излазу, чишћење акумулираног каменог седимента и санација оштећених бетонских површина.

Поновном применом модела процене ризика, за санитарно стање путног пропуста, одређена је вредност ризика **R(2) = 0,4383**, која према дијаграму одређује

Прихватљив (занемарљив/прихватљив/висок) ниво ризика услед примене радова на санацији пропуста.

### СЦЕНАРИО S=3 ...[Реконструисано стање пропуста]:

Друга мера смањења ризика јесте примена радова на реконструкцији путног пропуста:

**MSR(3):** \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_

Поновном применом модела процене ризика, за реконструисано стање пропуста, одређена је вредност ризика **R(3) = \_\_\_\_\_**, која према дијаграму одређује

\_\_\_\_\_ (занемарљив/прихватљив/висок) ниво ризика услед примене радова на реконструкцији пропуста.

### СЦЕНАРИО S=4 ...[Реконструисано стање пропуста]:

Друга мера смањења ризика јесте примена радова на реконструкцији путног пропуста:

**MSR(4):** \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_

Поновном применом модела процене ризика, за реконструисано стање пропуста, одређена је вредност ризика **R(4) = \_\_\_\_\_**, која према дијаграму одређује

\_\_\_\_\_ (занемарљив/прихватљив/висок) ниво ризика услед примене радова на реконструкцији пропуста.

## ИЗВЕШТАЈ О ПРОЦЕНИ РИЗИКА

од појаве преливања воде преко саобраћајнице у профилу путног пропуста на бујичном водотоку

### ПОДАЦИ О ПУТНОМ ПРОПУСТУ:

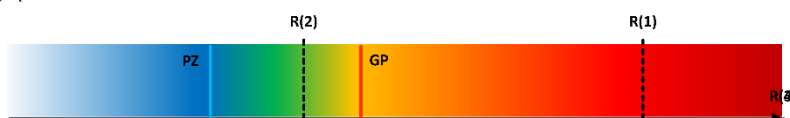
Путна деоница:	Рашка - Нови Пазар
Категорија саобраћајнице:	Државни пут 2. реда
Стационажа објекта:	252+152,23 Пропуст бр. : 61

### СЦЕНАРИО S=1 ...[Постојеће стање пропуста] :

Применом модела процене ризика за анализирани путни пропуст одређене су:

- Граничне вредности:	1. Праг значајности:	<b>PZ</b> =	<b>0,2603</b>
	2. Граница прихватљивости:	<b>GP</b> =	<b>0,4545</b>
- Вредност ризика анализиране појаве:		<b>R(1)</b> =	<b>0,8188</b>

Класификација ризика:



На основу дијаграма одређено је да постојеће стање анализираног пропуста поседује

**Висок** (занемарљив/прихватљив/висок) ниво ризика.

### СЦЕНАРИО S=2 ...[Санирано стање пропуста] :

Прва мера смањења ризика јесте примена радова на санацији путног пропуста:

**MSR(2):** уклањање вегетације на улазу и излазу, чишћење акумулираног каменог седимента и санација оштећених бетонских површина.

Поновном применом модела процене ризика, за санирано стање путног пропуста, одређена је вредност ризика **R(2)** = **0,3808**, која према дијаграму одређује

**Прихватљив** (занемарљив/прихватљив/висок) ниво ризика услед примене радова на санацији пропуста.

### СЦЕНАРИО S=3 ...[Реконструисано стање пропуста]:

Друга мера смањења ризика јесте примена радова на реконструкцији путног пропуста:

**MSR(3):** \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_

Поновном применом модела процене ризика, за реконструисано стање пропуста, одређена је вредност ризика **R(3)** = \_\_\_\_\_, која према дијаграму одређује

\_\_\_\_\_ (занемарљив/прихватљив/висок) ниво ризика услед примене радова на реконструкцији пропуста.

### СЦЕНАРИО S=4 ...[Реконструисано стање пропуста]:

Друга мера смањења ризика јесте примена радова на реконструкцији путног пропуста:

**MSR(4):** \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_

Поновном применом модела процене ризика, за реконструисано стање пропуста, одређена је вредност ризика **R(4)** = \_\_\_\_\_, која према дијаграму одређује

\_\_\_\_\_ (занемарљив/прихватљив/висок) ниво ризика услед примене радова на реконструкцији пропуста.

## ИЗВЕШТАЈ О ПРОЦЕНИ РИЗИКА

од појаве преливања воде преко саобраћајнице у профилу путног пропуста на бујичном водотоку

### ПОДАЦИ О ПУТНОМ ПРОПУСТУ:

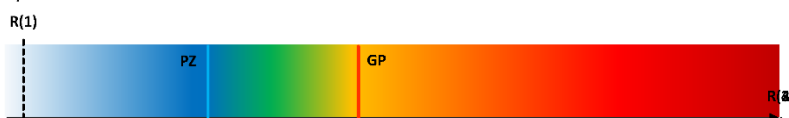
Путна деоница:	Рашка - Нови Пазар
Категорија саобраћајнице:	Државни пут 2. реда
Стационажа објекта:	252+248,92      Пропуст бр. : 62

### СЦЕНАРИО S=1 ...[Постојеће стање пропуста] :

Применом модела процене ризика за анализирани путни пропуст одређене су:

- Граничне вредности:	1. Праг значајности:	<b>PZ</b> =	<u>0,2603</u>
	2. Граница прихватљивости:	<b>GP</b> =	<u>0,4545</u>
- Вредност ризика анализираних појава:		<b>R(1)</b> =	<u>0,0217</u>

Класификација ризика:



На основу дијаграма одређено је да постојеће стање анализираних пропуста поседује Занемарљив (занемарљив/прихватљив/висок) ниво ризика.

### СЦЕНАРИО S=2 ...[Санирано стање пропуста] :

Прва мера смањења ризика јесте примена радова на санацији путног пропуста:

**MSR(2):** \_\_\_\_\_

Поновном применом модела процене ризика, за санирано стање путног пропуста, одређена је вредност ризика **R(2)** = \_\_\_\_\_, која према дијаграму одређује \_\_\_\_\_ (занемарљив/прихватљив/висок) ниво ризика услед примене радова на санацији пропуста.

### СЦЕНАРИО S=3 ...[Реконструисано стање пропуста]:

Друга мера смањења ризика јесте примена радова на реконструкцији путног пропуста:

**MSR(3):** \_\_\_\_\_

Поновном применом модела процене ризика, за реконструисано стање пропуста, одређена је вредност ризика **R(3)** = \_\_\_\_\_, која према дијаграму одређује \_\_\_\_\_ (занемарљив/прихватљив/висок) ниво ризика услед примене радова на реконструкцији пропуста.

### СЦЕНАРИО S=4 ...[Реконструисано стање пропуста]:

Друга мера смањења ризика јесте примена радова на реконструкцији путног пропуста:

**MSR(4):** \_\_\_\_\_

Поновном применом модела процене ризика, за реконструисано стање пропуста, одређена је вредност ризика **R(4)** = \_\_\_\_\_, која према дијаграму одређује \_\_\_\_\_ (занемарљив/прихватљив/висок) ниво ризика услед примене радова на реконструкцији пропуста.

## ИЗВЕШТАЈ О ПРОЦЕНИ РИЗИКА

од појаве преливања воде преко саобраћајнице у профилу путног пропуста на бујичном водотоку

### ПОДАЦИ О ПУТНОМ ПРОПУСТУ:

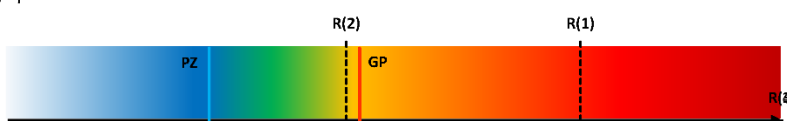
Путна деоница: Рапка - Нови Пазар  
 Категорија саобраћајнице: Државни пут 2. реда  
 Стационажа објекта: 252+322,88 Пропуст бр. : 63

### СЦЕНАРИО S=1 ...[Постојеће стање пропуста] :

Применом модела процене ризика за анализирани путни пропуст одређене су:

- Граничне вредности: 1. Праг значајности:  $PZ = 0,2603$   
 2. Граница прихватљивости:  $GP = 0,4545$   
 - Вредност ризика анализиране појаве:  $R(1) = 0,7397$

Класификација ризика:



На основу дијаграма одређено је да постојеће стање анализираног пропуста поседује Висок (занемарљив/прихватљив/висок) ниво ризика.

### СЦЕНАРИО S=2 ...[Санирано стање пропуста] :

Прва мера смањења ризика јесте примена радова на санацији путног пропуста:

**MSR(2):** уклањање вегетације на улазу и излазу, чишћење акумулираног каменог седимента и санација оштећених бетонских површина.

Поновном применом модела процене ризика, за санирано стање путног пропуста, одређена је вредност ризика  $R(2) = 0,4372$ , која према дијаграму одређује

Прихватљив (занемарљив/прихватљив/висок) ниво ризика услед примене радова на санацији пропуста.

### СЦЕНАРИО S=3 ...[Реконструисано стање пропуста]:

Друга мера смањења ризика јесте примена радова на реконструкцији путног пропуста:

**MSR(3):** \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_

Поновном применом модела процене ризика, за реконструисано стање пропуста, одређена је вредност ризика  $R(3) =$  \_\_\_\_\_, која према дијаграму одређује

\_\_\_\_\_ (занемарљив/прихватљив/висок) ниво ризика услед примене радова на реконструкцији пропуста.

### СЦЕНАРИО S=4 ...[Реконструисано стање пропуста]:

Друга мера смањења ризика јесте примена радова на реконструкцији путног пропуста:

**MSR(4):** \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_

Поновном применом модела процене ризика, за реконструисано стање пропуста, одређена је вредност ризика  $R(4) =$  \_\_\_\_\_, која према дијаграму одређује

\_\_\_\_\_ (занемарљив/прихватљив/висок) ниво ризика услед примене радова на реконструкцији пропуста.

## ИЗВЕШТАЈ О ПРОЦЕНИ РИЗИКА

од појаве преливања воде преко саобраћајнице у профилу путног пропуста на бујичном водотоку

### ПОДАЦИ О ПУТНОМ ПРОПУСТУ:

Путна деоница: Рашка - Нови Пазар  
 Категорија саобраћајнице: Државни пут 2. реда  
 Стационажа објекта: 252+427,55 Пропуст бр. : 64

### СЦЕНАРИО S=1 ...[Постојеће стање пропуста] :

Применом модела процене ризика за анализирани путни пропуст одређене су:

- Граничне вредности: 1. Праг значајности:  $PZ = 0,2603$   
 2. Граница прихватљивости:  $GP = 0,4545$   
 - Вредност ризика анализирани појаве:  $R(1) = 0,8497$

Класификација ризика:



На основу дијаграма одређено је да постојеће стање анализираниог пропуста поседује Висок (занемарљив/прихватљив/висок) ниво ризика.

### СЦЕНАРИО S=2 ...[Санитарно стање пропуста] :

Прва мера смањења ризика јесте примена радова на санацији путног пропуста:

**MSR(2):** уклањање вегетације на улазу и излазу, чишћење акумулираног каменог седимента и санација оштећених бетонских површина.

Поновном применом модела процене ризика, за санитарно стање путног пропуста, одређена је вредност ризика  $R(2) = 0,3961$ , која према дијаграму одређује

Прихватљив (занемарљив/прихватљив/висок) ниво ризика услед примене радова на санацији пропуста.

### СЦЕНАРИО S=3 ...[Реконструисано стање пропуста]:

Друга мера смањења ризика јесте примена радова на реконструкцији путног пропуста:

**MSR(3):** \_\_\_\_\_

Поновном применом модела процене ризика, за реконструисано стање пропуста, одређена је вредност ризика  $R(3) =$  \_\_\_\_\_, која према дијаграму одређује

\_\_\_\_\_ (занемарљив/прихватљив/висок) ниво ризика услед примене радова на реконструкцији пропуста.

### СЦЕНАРИО S=4 ...[Реконструисано стање пропуста]:

Друга мера смањења ризика јесте примена радова на реконструкцији путног пропуста:

**MSR(4):** \_\_\_\_\_

Поновном применом модела процене ризика, за реконструисано стање пропуста, одређена је вредност ризика  $R(4) =$  \_\_\_\_\_, која према дијаграму одређује

\_\_\_\_\_ (занемарљив/прихватљив/висок) ниво ризика услед примене радова на реконструкцији пропуста.

## ИЗВЕШТАЈ О ПРОЦЕНИ РИЗИКА

од појаве преливања воде преко саобраћајнице у профилу путног пропуста на бујичном водотоку

### ПОДАЦИ О ПУТНОМ ПРОПУСТУ:

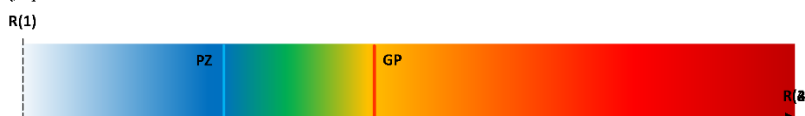
Путна деоница:	Рашка - Нови Пазар	
Категорија саобраћајнице:	Државни пут 2. реда	
Стационажа објекта:	252+569,80	Пропуст бр. : 65

### СЦЕНАРИО S=1 ...[Постојеће стање пропуста] :

Применом модела процене ризика за анализирани путни пропуст одређене су:

- Граничне вредности:	1. Праг значајности:	<b>PZ</b> =	<b>0,2603</b>
	2. Граница прихватљивости:	<b>GP</b> =	<b>0,4545</b>
- Вредност ризика анализиране појаве:		<b>R(1)</b> =	<b>0</b>

Класификација ризика:



На основу дијаграма одређено је да постојеће стање анализираниог пропуста поседује Занемарљив (занемарљив/прихватљив/висок) ниво ризика.

### СЦЕНАРИО S=2 ...[Санирано стање пропуста] :

Прва мера смањења ризика јесте примена радова на санацији путног пропуста:

**MSR(2):** \_\_\_\_\_

Поновном применом модела процене ризика, за санирано стање путног пропуста, одређена је вредност ризика **R(2)** = \_\_\_\_\_, која према дијаграму одређује \_\_\_\_\_ (занемарљив/прихватљив/висок) ниво ризика услед примене радова на санацији пропуста.

### СЦЕНАРИО S=3 ...[Реконструисано стање пропуста]:

Друга мера смањења ризика јесте примена радова на реконструкцији путног пропуста:

**MSR(3):** \_\_\_\_\_

Поновном применом модела процене ризика, за реконструисано стање пропуста, одређена је вредност ризика **R(3)** = \_\_\_\_\_, која према дијаграму одређује \_\_\_\_\_ (занемарљив/прихватљив/висок) ниво ризика услед примене радова на реконструкцији пропуста.

### СЦЕНАРИО S=4 ...[Реконструисано стање пропуста]:

Друга мера смањења ризика јесте примена радова на реконструкцији путног пропуста:

**MSR(4):** \_\_\_\_\_

Поновном применом модела процене ризика, за реконструисано стање пропуста, одређена је вредност ризика **R(4)** = \_\_\_\_\_, која према дијаграму одређује \_\_\_\_\_ (занемарљив/прихватљив/висок) ниво ризика услед примене радова на реконструкцији пропуста.

## ИЗВЕШТАЈ О ПРОЦЕНИ РИЗИКА

од појаве преливања воде преко саобраћајнице у профилу путног пропуста на бујичном водотоку

### ПОДАЦИ О ПУТНОМ ПРОПУСТУ:

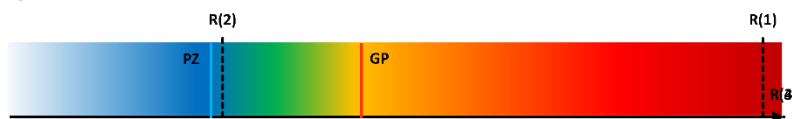
Путна деоница:	Рашка - Нови Пазар
Категорија саобраћајнице:	Државни пут 2. реда
Стационара објекта:	252+852,53      Пропуст бр. : 66

### СЦЕНАРИО S=1 ...[Постојеће стање пропуста] :

Применом модела процене ризика за анализирани путни пропуст одређене су:

- Граничне вредности:	1. Праг значајности:	<b>PZ =</b>	<u>0,2603</u>
	2. Граница прихватљивости:	<b>GP =</b>	<u>0,4545</u>
- Вредност ризика анализираних појава:		<b>R(1) =</b>	<u>0,9734</u>

Класификација ризика:



На основу дијаграма одређено је да постојеће стање анализираних пропуста поседује Висок (занемарљив/прихватљив/висок) ниво ризика.

### СЦЕНАРИО S=2 ...[Санитарно стање пропуста] :

Прва мера смањења ризика јесте примена радова на санацији путног пропуста:

**MSR(2):** уклањање вегетације на улазу и излазу, чишћење акумулираног каменог седимента и санација оштећених бетонских површина.

Поновном применом модела процене ризика, за санитарно стање путног пропуста, одређена је вредност ризика **R(2) =** 0,2752 , која према дијаграму одређује Прихватљив (занемарљив/прихватљив/висок) ниво ризика услед примене радова на санацији пропуста.

### СЦЕНАРИО S=3 ...[Реконструисано стање пропуста]:

Друга мера смањења ризика јесте примена радова на реконструкцији путног пропуста:

**MSR(3):** \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_

Поновном применом модела процене ризика, за реконструисано стање пропуста, одређена је вредност ризика **R(3) =** \_\_\_\_\_ , која према дијаграму одређује \_\_\_\_\_ (занемарљив/прихватљив/висок) ниво ризика услед примене радова на реконструкцији пропуста.

### СЦЕНАРИО S=4 ...[Реконструисано стање пропуста]:

Друга мера смањења ризика јесте примена радова на реконструкцији путног пропуста:

**MSR(4):** \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_

Поновном применом модела процене ризика, за реконструисано стање пропуста, одређена је вредност ризика **R(4) =** \_\_\_\_\_ , која према дијаграму одређује \_\_\_\_\_ (занемарљив/прихватљив/висок) ниво ризика услед примене радова на реконструкцији пропуста.



## ИЗВЕШТАЈ О ПРОЦЕНИ РИЗИКА

од појаве преливања воде преко саобраћајнице у профилу путног пропуста на бујичном водотоку

### ПОДАЦИ О ПУТНОМ ПРОПУСТУ:

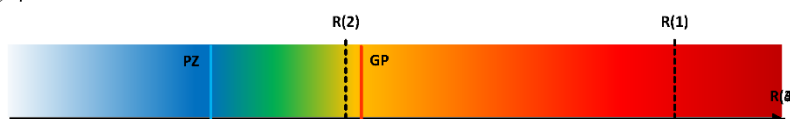
Путна деоница:	Рашка - Нови Пазар
Категорија саобраћајнице:	Државни пут 2. реда
Стационажа објекта:	253+165,20      Пропуст бр. : 67

### СЦЕНАРИО S=1 ...[Постојеће стање пропуста] :

Применом модела процене ризика за анализирани путни пропуст одређене су:

- Граничне вредности:	1. Праг значајности:	<b>PZ = 0,2603</b>
	2. Граница прихватљивости:	<b>GP = 0,4545</b>
- Вредност ризика анализирани појаве:		<b>R(1) = 0,8594</b>

Класификација ризика:



На основу дијаграма одређено је да постојеће стање анализирани пропуста поседује Висок (занемарљив/прихватљив/висок) ниво ризика.

### СЦЕНАРИО S=2 ...[Санирано стање пропуста] :

Прва мера смањења ризика јесте примена радова на санацији путног пропуста:

**MSR(2):** уклањање вегетације на улазу и излазу, чишћење акумулираног каменог седимента и санација оштећених бетонских површина.

Поновном применом модела процене ризика, за санирано стање путног пропуста, одређена је вредност ризика **R(2) = 0,4345**, која према дијаграму одређује

Прихватљив (занемарљив/прихватљив/висок) ниво ризика услед примене радова на санацији пропуста.

### СЦЕНАРИО S=3 ...[Реконструисано стање пропуста]:

Друга мера смањења ризика јесте примена радова на реконструкцији путног пропуста:

**MSR(3):** \_\_\_\_\_

Поновном применом модела процене ризика, за реконструисано стање пропуста, одређена је вредност ризика **R(3) = \_\_\_\_\_**, која према дијаграму одређује

\_\_\_\_\_ (занемарљив/прихватљив/висок) ниво ризика услед примене радова на реконструкцији пропуста.

### СЦЕНАРИО S=4 ...[Реконструисано стање пропуста]:

Друга мера смањења ризика јесте примена радова на реконструкцији путног пропуста:

**MSR(4):** \_\_\_\_\_

Поновном применом модела процене ризика, за реконструисано стање пропуста, одређена је вредност ризика **R(4) = \_\_\_\_\_**, која према дијаграму одређује

\_\_\_\_\_ (занемарљив/прихватљив/висок) ниво ризика услед примене радова на реконструкцији пропуста.

## План третмана података

<b>Назив пројекта/истраживања</b>
Хидролошко-хидраулички модел за процену ризика преливања воде преко саобраћајнице у профилима путних пропуста на бујичним сливовима
<b>Назив институције/институција у оквиру којих се спроводи истраживање</b>
а) Факултет техничких наука Универзитета у Новом Саду б) Факултет за машинство и грађевинарство у Краљеву Универзитета у Крагујевцу в)
<b>Назив програма у оквиру ког се реализује истраживање</b>
/
<b>1. Опис података</b>
<b>1.1 Врста студије</b> <i>Укратко описати тип студије у оквиру које се подаци прикупљају</i> <b><i>У овој студији нису прикупљани подаци.</i></b> <hr/> <b><i>Истраживање у оквиру ове докторске дисертације се базира на јавно доступним подацима</i></b> <hr/> <b><i>(енг. Open source data), чији су извори наведени у литератури дисертације.</i></b> <hr/>
<b>1.2 Врсте података</b> а) квантитативни б) квалитативни
<b>1.3. Начин прикупљања података</b> а) анкете, упитници, тестови б) клиничке процене, медицински записи, електронски здравствени записи в) генотипови: навести врсту _____ г) административни подаци: навести врсту _____ д) узорци ткива: навести врсту _____ ђ) снимци, фотографије: навести врсту _____ е) текст, навести врсту _____ ж) мапа, навести врсту _____ з) остало: описати _____
<b>1.3 Формат података, употребљене скале, количина података</b>

1.3.1 Употребљени софтвер и формат датотеке:

- a) Excel фајл, датотека \_\_\_\_\_
- b) SPSS фајл, датотека \_\_\_\_\_
- c) PDF фајл, датотека \_\_\_\_\_
- d) Текст фајл, датотека \_\_\_\_\_
- e) JPG фајл, датотека \_\_\_\_\_
- f) Остало, датотека \_\_\_\_\_

1.3.2. Број записа (код квантитативних података)

- a) број варијабли \_\_\_\_\_
- б) број мерења (испитаника, процена, снимака и сл.) \_\_\_\_\_

1.3.3. Поновљена мерења

- a) да
- б) не

Уколико је одговор да, одговорити на следећа питања:

- a) временски размак измедју поновљених мера је \_\_\_\_\_
- б) варијабле које се више пута мере односе се на \_\_\_\_\_
- в) нове верзије фајлова који садрже поновљена мерења су именоване као \_\_\_\_\_

Напомене: \_\_\_\_\_

*Да ли формати и софтвер омогућавају дељење и дугорочну валидност података?*

- a) Да
- б) Не

*Ако је одговор не, образложити \_\_\_\_\_*

## 2. Прикупљање података

2.1 Методологија за прикупљање/генерисање података

2.1.1. У оквиру ког истраживачког нацрта су подаци прикупљени?

- a) експеримент, навести тип \_\_\_\_\_
- б) корелационо истраживање, навести тип \_\_\_\_\_
- ц) анализа текста, навести тип \_\_\_\_\_
- д) остало, навести шта \_\_\_\_\_

*2.1.2 Навести врсте мерних инструмената или стандарде података специфичних за одређену научну дисциплину (ако постоје).*

\_\_\_\_\_

2.2 Квалитет података и стандарди

### 2.2.1. Третман недостајућих података

а) Да ли матрица садржи недостајуће податке? Да Не

Ако је одговор да, одговорити на следећа питања:

а) Колики је број недостајућих података? \_\_\_\_\_

б) Да ли се кориснику матрице препоручује замена недостајућих података? Да Не

в) Ако је одговор да, навести сугестије за третман замене недостајућих података

\_\_\_\_\_

### 2.2.2. На који начин је контролисан квалитет података? Описати

\_\_\_\_\_

### 2.2.3. На који начин је извршена контрола уноса података у матрицу?

\_\_\_\_\_

## 3. Третман података и пратећа документација

### 3.1. Третман и чување података

3.1.1. Подаци ће бити депоновани у \_\_\_\_\_ репозиторијум.

3.1.2. URL адреса \_\_\_\_\_

3.1.3. DOI \_\_\_\_\_

3.1.4. Да ли ће подаци бити у отвореном приступу?

а) Да

б) Да, али после ембарга који ће трајати до \_\_\_\_\_

в) Не

Ако је одговор не, навести разлог \_\_\_\_\_

3.1.5. Подаци неће бити депоновани у репозиторијум, али ће бити чувани.

Образложење

\_\_\_\_\_

### 3.2. Метаподаци и документација података

3.2.1. Који стандард за метаподатке ће бити примењен? \_\_\_\_\_

3.2.1. Навести метаподатке на основу којих су подаци депоновани у репозиторијум.

\_\_\_\_\_

Ако је потребно, навести методе које се користе за преузимање података, аналитичке и процедуралне информације, њихово кодирање, детаљне описе варијабли, записа итд.

\_\_\_\_\_

### 3.3 Стратегија и стандарди за чување података

3.3.1. До ког периода ће подаци бити чувани у репозиторијуму? \_\_\_\_\_

3.3.2. Да ли ће подаци бити депоновани под шифром? Да Не

3.3.3. Да ли ће шифра бити доступна одређеном кругу истраживача? Да Не

3.3.4. Да ли се подаци морају уклонити из отвореног приступа после извесног времена?

Да Не

Образложити

---

## 4. Безбедност података и заштита поверљивих информација

Овај одељак МОРА бити попуњен ако ваши подаци укључују личне податке који се односе на учеснике у истраживању. За друга истраживања треба такође размотрити заштиту и сигурност података.

### 4.1 Формални стандарди за сигурност информација/података

Истраживачи који спроводе испитивања с људима морају да се придржавају Закона о заштити података о личности ([https://www.paragraf.rs/propisi/zakon\\_o\\_zastiti\\_podataka\\_o\\_licnosti.html](https://www.paragraf.rs/propisi/zakon_o_zastiti_podataka_o_licnosti.html)) и одговарајућег институционалног кодекса о академском интегритету.

4.1.2. Да ли је истраживање одобрено од стране етичке комисије? Да Не

Ако је одговор Да, навести датум и назив етичке комисије која је одобрила истраживање

---

4.1.2. Да ли подаци укључују личне податке учесника у истраживању? Да Не

Ако је одговор да, наведите на који начин сте осигурали поверљивост и сигурност информација везаних за испитанике:

- а) Подаци нису у отвореном приступу
  - б) Подаци су анонимизирани
  - ц) Остало, навести шта
- 

## 5. Доступност података

### 5.1. Подаци ће бити

а) јавно доступни

б) доступни само уском кругу истраживача у одређеној научној области

ц) затворени

*Ако су подаци доступни само уском кругу истраживача, навести под којим условима могу да их користе:*

---

---

*Ако су подаци доступни само уском кругу истраживача, навести на који начин могу приступити подацима:*

---

---

*5.4. Навести лиценцу под којом ће прикупљени подаци бити архивирани.*

---

---

## **6. Улоге и одговорност**

*6.1. Навести име и презиме и мејл адресу власника (аутора) података*

---

*6.2. Навести име и презиме и мејл адресу особе која одржава матрицу с подацима*

---

*6.3. Навести име и презиме и мејл адресу особе која омогућује приступ подацима другим истраживачима*

---