



Аеродроми Србије

АЕРОДРОМИ СРБИЈЕ д.о.о. НИШ

АЕРОДРОМСКИ КОМПЛЕКС КОНСТАНТИН ВЕЛИКИ У НИШУ

**К.П. 547/24 К.О. МЕДОШЕВАЦ,
ОПШТИНА ЦРВЕНИ КРСТ, ГРАД НИШ**

Идејно решење

Хидролошка анализа великих вода Рујничке реке



NEO AERODROMES ENGINEERING

фебруар 2022.

НАСЛОВНА СТРАНА

Инвеститор:	Аеродроми Србије д.о.о. Улица ваздухопловаца 24, 18106 Ниш
Објекат:	АЕРОДРОМСКИ КОМПЛЕКС КОНСТАНТИН ВЕЛИКИ, НИШ
Врста техничке документације:	ИДР – ИДЕЈНО РЕШЕЊЕ
Назив и ознака дела пројекта:	ХИДРОЛОШКА АНАЛИЗА ВЕЛИКИХ ВОДА РУЈНИЧКЕ РЕКЕ
За грађење / извођење радова:	Нова градња
Пројектант:	NEO AERODROMES ENGINEERING D.O.O. 11070 Београд, Јурија Гагарина 249 Мат. бр. 21022225, Решење о лиценци број 351-02-01485/2021-09
Одговорно лице пројектанта: Потпис:	Александар Вучковић, дипл. грађ. инж. 
Одговорни обрађивач студије: Број лиценце: Потпис:	Никола Златановић, дипл. грађ. инж. 314 L038 12 
Број техничке документације: Место и датум:	IDR-NIS-S1/2021 Београд, фебруар 2022. године

ОДЛУКА О ИМЕНОВАЊУ ОВЛАШЋЕНОГ ЛИЦА

На основу члану 129. Закона о планирању и изградњи („Службени гласник РС“, бр. 72/09, 81/09-исправка, 64/10 одлука УС, 24/11 и 121/12, 42/13–одлука УС, 50/2013–одлука УС, 98/2013–одлука УС, 132/14, 145/14, и 83/2018, 31/2019, 37/2019 и др. закон, 9/2020 и 52/2021), члана 82. Правилника о садржини, начину и поступку израде и начин вршења контроле техничке документације према класи и намени објекта изградњи („Службени гласник РС“, бр. 73/2019) и Закона о метроу и градској железници („Службени гласник РС“, бр. 52/21) као:

ОВЛАШЋЕНО ЛИЦЕ

за израду Хидролошке анализе великих вода Рујничке реке у оквиру Идејног решења за радове на реконструкцији и доградњи аеродромског комплекса Константин Велики у Нишу на к.п. 547/24 к.о. Медошевац, општина Црвени крст, Град Ниш, одређује се:

Никола Златановић, дипл.грађ.инж.

ИКС Лиценца бр. 314 L038 12

Пројектант:

NEO AERODROMES ENGINEERING D.O.O.
11070 Београд, Јурија Гагарина 249

Одговорно лице пројектанта:

Александар Вучковић, дипл. грађ. инж.
Потпис:



Број техничке документације:
Место и датум:

IDR-NIS-S1/2021
Београд, фебруар 2022. године

ИЗЈАВА ОВЛАШЋЕНОГ ЛИЦА

Одговорни обрађивач Хидролошке анализе великих вода Рујничке реке а која је урађена у оквиру Идејног решења за радове на реконструкцији и доградњи аеродромског комплекса Константин Велики у Нишу на к.п. 547/24 к.о. Медошевац, општина Црвени крст, Град Ниш,

Никола Златановић, дипл.грађ.инж.

ИЗЈАВЉУЈЕМ

1. да је студија израђена у складу са Законом о планирању и изградњи, прописима, стандардима и нормативима из области изградње објеката и правилима струке;
2. да је студија у свему у складу са начинима за обезбеђење испуњења основних захтева за објекат прописаних елаборатима и студијама.

Овлашћено лице студије:

Никола Златановић, дипл.грађ.инж.

ИКС Лиценца бр. 314 L038 12

Потпис:



Број техничке документације:

IDR-NIS-S1/2021

Место и датум:

Београд, фебруар 2022. године

САДРЖАЈ

1	Увод	1
2	Карактеристике слива	1
2.1	Основне климатске карактеристике	2
2.2	Морфолошке карактеристике	6
2.3	Заступљеност типова земљишта	7
2.4	Начин коришћења земљишта	8
3	Хидролошки прорачун великих вода.....	9
3.1	Претходне хидролошке анализе.....	9
3.2	Анализа киша јаког интензитета	9
3.3	SCS метода за ефективну кишу	10
3.4	SCS метода – број криве отицаја <i>CN</i>	11
3.5	Метода синтетичког јединичног хидрограма.....	13
4	Резултати	15
5	Контрола срачунатих вредности	16

СПИСАК СЛИКА

Слика 1. Прегледна карта слива Рујничке реке	1
Слика 2. Просечне температуре и падавине (за град Ниш).....	2
Слика 3. Облачни, сунчани и кишни дани (за град Ниш)	3
Слика 4. Максималне температуре (за град Ниш).....	3
Слика 5. Количина падавина (за град Ниш)	4
Слика 6. Брзина ветра (за град Ниш).....	4
Слика 7. Ружа ветрова (за град Ниш)	5
Слика 8. Подужни профил најдужег тока Рујничке реке	6
Слика 9. Хипсометријска крива сливне површине Рујничке реке.....	6
Слика 10. Педолошка карта слива Рујничке реке.....	7
Слика 11. Карта начина коришћења земљишта у сливу Рујничке реке	8
Слика 12. Просторни распоред броја криве отицаја CN	12
Слика 13. Синтетички јединични хидрограм по SCS	13
Слика 14. Рачунски хидрограми поплавних таласа за посматрани профил	15
Слика 15. Специфични отицај великих вода сливова у Србији	16

СПИСАК ТАБЕЛА

Табела 1. Основни показатељи климе Ниша	2
Табела 2. Морфолошке карактеристике слива	6
Табела 3. Заступљеност типова земљишта.....	7
Табела 4. Начин коришћења земљишта (у процентима укупне површине)	8
Табела 5. Интензитет кише у функцији трајања и вероватноће појаве (l/s/ha)	9
Табела 6. Класификација педолошких класа земљишта у хидролошке класе земљишта.....	11
Табела 7. Резултат прорачуна броја CN	12
Табела 8. Резултати хидролошких прорачуна великих вода Рујничке реке.....	15

1 Увод

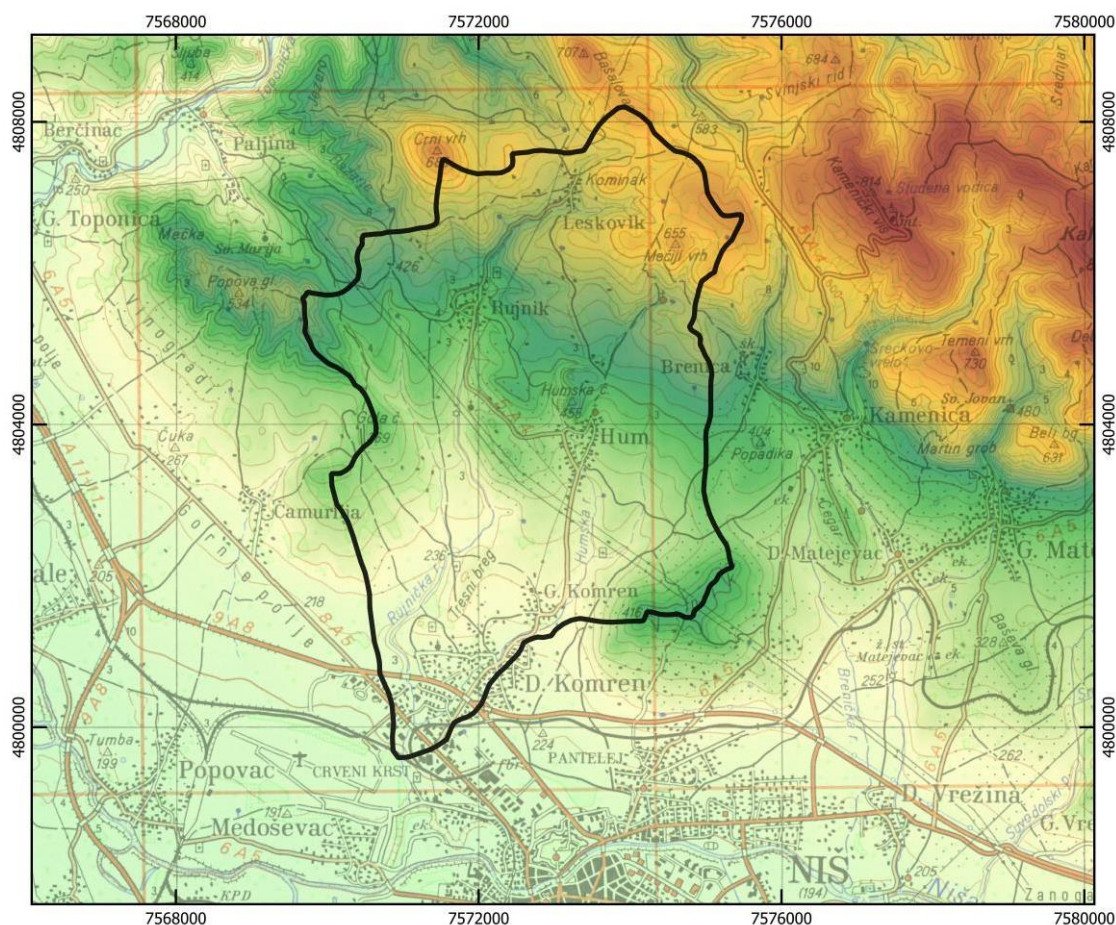
Ова хидролошка анализа урађена је за потребе сагледавања хидролошког режима великих вода Рујничке реке при изради пројектне документације за проширење платформе на аеродрому Константин Велики у Нишу.

За потребе ове хидролошке анализе, срачунати су максимални протицаји велике воде за вероватноће појаве од 1%, 2%, 5% и 10%, односно за повратне периоде од 100, 50, 20 и 10 година.

2 Карактеристике слива

Рујничка река настаје спајањем Рујничког потока и Хумске реке у насељу Ратко Јовић (односно Доњи Комрен) у северозападном делу града Ниша, и десна је притока реке Нишаве, у коју се улива на стациономи 11+560, између Медошевца и Ниша.

Рујнички поток извире на југозападним обронцима планинског подручја Каменичког виса и Попове главе, близу насељеног места Лесковик. Тече у правцу север-југ, кроз насеље Рујник. Најзначајнија притока је Грковачка река, а прима бројне безимене јаруге. Хумски поток такође извире на југозападним обронцима планинског подручја Каменичког виса, недалеко југоисточно од извора Рујничке реке. Својим током пролази поред Хумске чуке и кроз насеље Хум, по којима и добија име. Нема већих притока.



Слика 1. Прегледна карта слива Рујничке реке

2.1 Основне климатске карактеристике

Ниш има умерено-континенталну климу, са средњом годишњом температуром од 11,9°C. Најтоплији месец је јул са просечном температуром од 21,3°C, а најхладнији јануар са средњом температуром од +0,6°C.

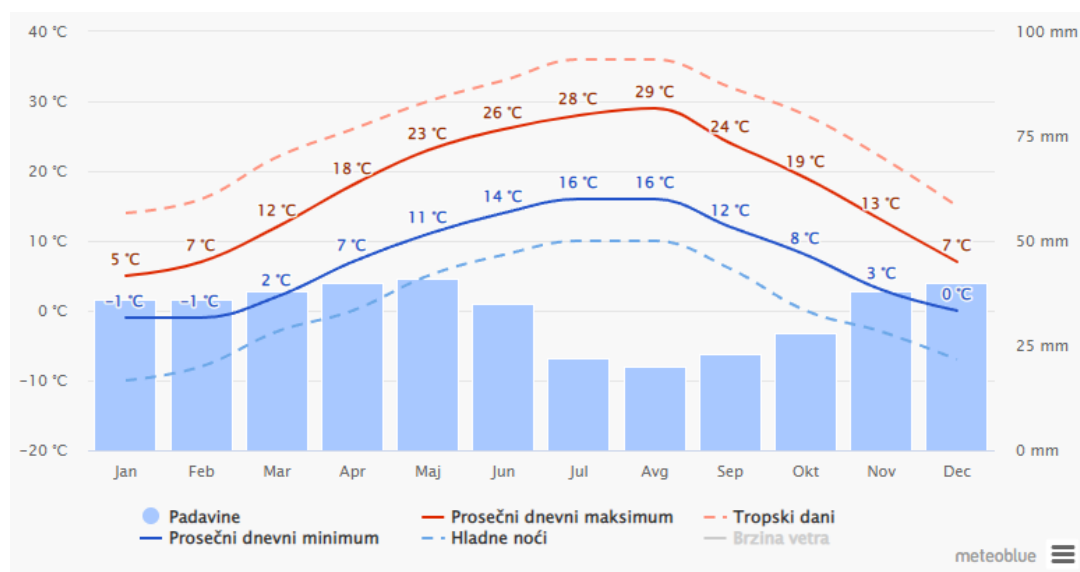
Табела 1. Основни показатељи климе Ниша

Клима Ниша (1981—2010)													
Показатељ \ Месец	Јан.	Феб.	Мар.	Апр.	Мај	Јун	Јул	Авг.	Сеп.	Окт.	Нов.	Дец.	Год.
Апсолутни максимум, °C (°F)	21,7 (71,1)	25,0 (77)	28,6 (83,5)	33,0 (91,4)	34,7 (94,5)	40,3 (104,5)	44,2 (111,6)	42,2 (108)	38,6 (101,5)	35,0 (95)	29,0 (84,2)	22,2 (72)	44,2 (111,6)
Максимум, °C (°F)	5,0 (41)	7,5 (45,5)	13,0 (55,4)	18,4 (65,1)	23,8 (74,8)	27,1 (80,8)	29,8 (85,6)	30,1 (86,2)	25,0 (77)	19,3 (66,7)	11,9 (53,4)	6,1 (43)	18,1 (64,6)
Просек, °C (°F)	0,6 (33,1)	2,4 (36,3)	7,0 (44,6)	12,2 (54)	17,1 (62,8)	20,4 (68,7)	22,5 (72,5)	22,3 (72,1)	17,4 (63,3)	12,3 (54,1)	6,4 (43,5)	2,1 (35,8)	11,9 (53,4)
Минимум, °C (°F)	-2,2 (28)	-1,4 (29,5)	2,3 (36,1)	6,4 (43,5)	11,0 (51,8)	13,8 (56,8)	15,4 (59,7)	15,4 (59,7)	11,5 (52,7)	7,4 (45,3)	2,6 (36,7)	-0,8 (30,6)	6,8 (44,2)
Апсолутни минимум, °C (°F)	-23,4 (-10,1)	-19,3 (-2,7)	-13,2 (8,2)	-5,6 (21,9)	-1,0 (30,2)	4,2 (39,6)	4,1 (39,4)	4,6 (40,3)	-2,2 (28)	-6,8 (19,8)	-14,0 (6,8)	-15,8 (3,6)	-23,4 (-10,1)
Количина падавина, mm (in)	38,8 (1,528)	36,8 (1,449)	42,5 (1,673)	56,6 (2,228)	58,0 (2,283)	57,3 (2,256)	44,0 (1,732)	46,7 (1,839)	48,0 (1,89)	45,5 (1,791)	54,8 (2,157)	51,5 (2,028)	580,3 (22,846)
Дани са падавинама (≥ 0.1 mm)	13	13	12	13	12	11	9	8	9	9	11	14	134
Дани са снегом	10	9	5	1	0	0	0	0	0	0	3	8	37
Релативна влажност, %	80	74	66	63	65	65	61	61	69	73	77	81	70
Сунчани сати — месечни просек	64,5	93,3	147,8	171,5	220,9	251,2	286,7	274,3	201,9	150,5	85,9	49,4	1.997,7

Извор: Републички хидрометеоролошки завод Србије

Годишње у просеку падне 589,6 mm кише и снега по квадратном метру и буде у просеку 123 кишовита дана и 43 дана са снегом. Просечни ваздушни притисак је 992,74 милибара, а просечна јачина ветра је нешто мања од 3 бофора. Максимална икад забележена температура била је 44,2°C 24. јула 2007, а најнижа -23,7°C 25. јануара 1963. Максимална количина падавина регистрована је 5. новембра 1954. и износила је 76,6 mm. Највећа дебљина снежног покривача износила је 62 cm, од 23. до 25. фебруара 1954. Климатске промене Ниша прати метеоролошка станица која се налази у нишкој тврђави на 202 метра надморске висине и која бележи податке о времену од 1889.

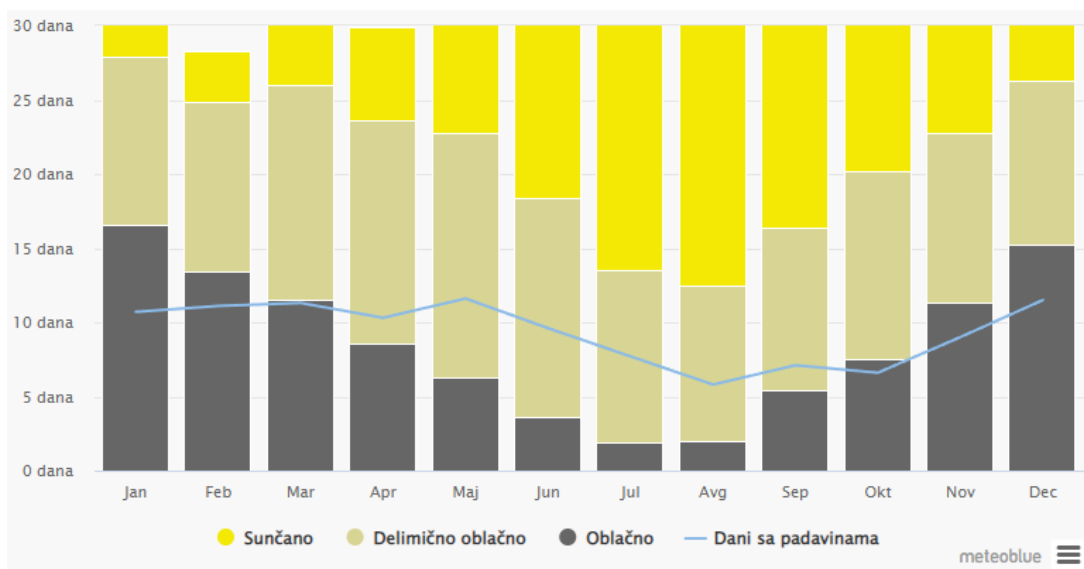
Климатски дијаграми за град Ниш преузети су са интернет портала *Meteoblue* (www.meteoblue.com), који су базирани на 30-годишњим сатним метеоролошким моделима. Они дају добру назнаку типичних климатских шаблона и очекиваних услова (температура, падавине, светлости и ветра).



Слика 2. Просечне температуре и падавине (за град Ниш)

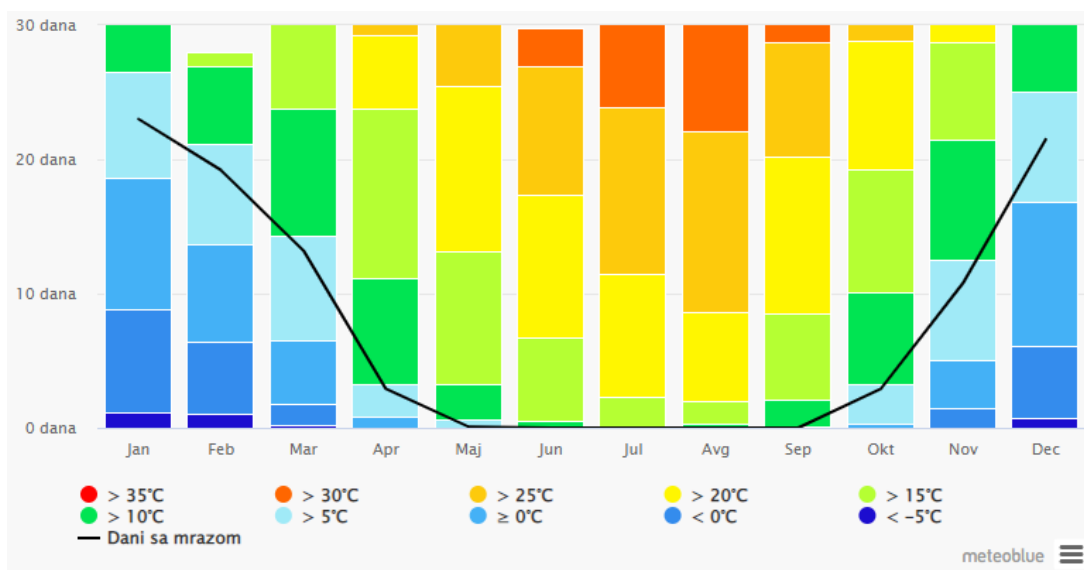
На дијаграму на слици 2, „просечни дневни максимум“ (пуна црвена линија) приказује просечну дневну вредност сваког месеца за Ниш. Исто тако, „просечни дневни минимум“ (пуна плава линија) приказује просечну

дневну минималну температуру. Тропски дани или ледене ноћи (испрекидана црвена и плава линија) приказују средњу вредност најтоплијег дана и најхладније ноћи сваког месеца у последњих 30 година.



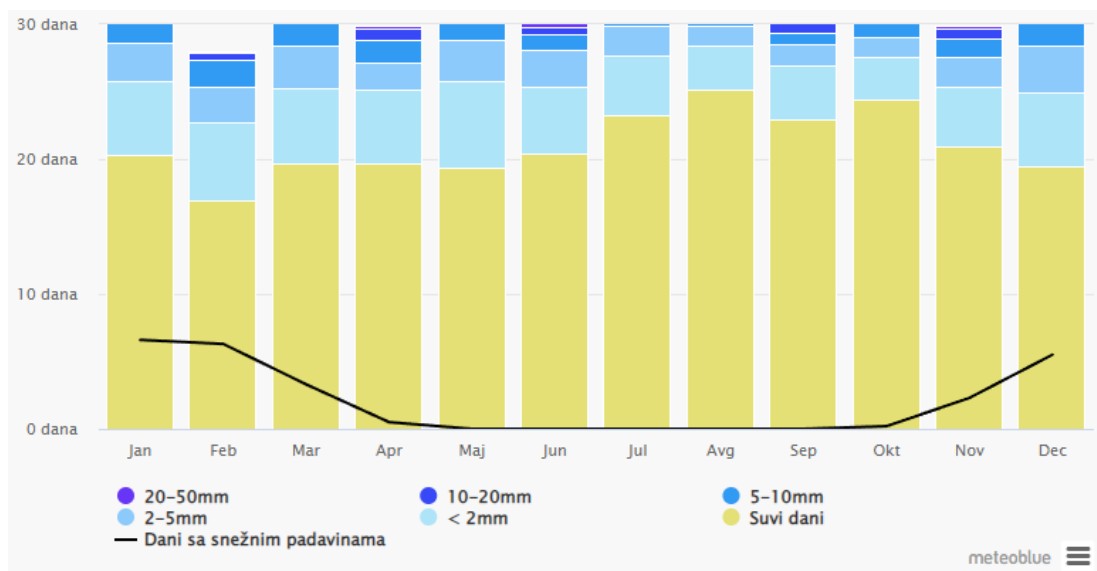
Слика 3. Облачни, сунчани и кишни дани (за град Ниш)

Дијаграм на слици 3 приказује месечне вредности сунчаних, делимично облачних, облачних и кишних дана. Дани са покривеношћу облака мањом од 20% се сматрају сунчаним, од 20-80% као делимично облачни, а са покривеношћу већом од 80% као облачни.



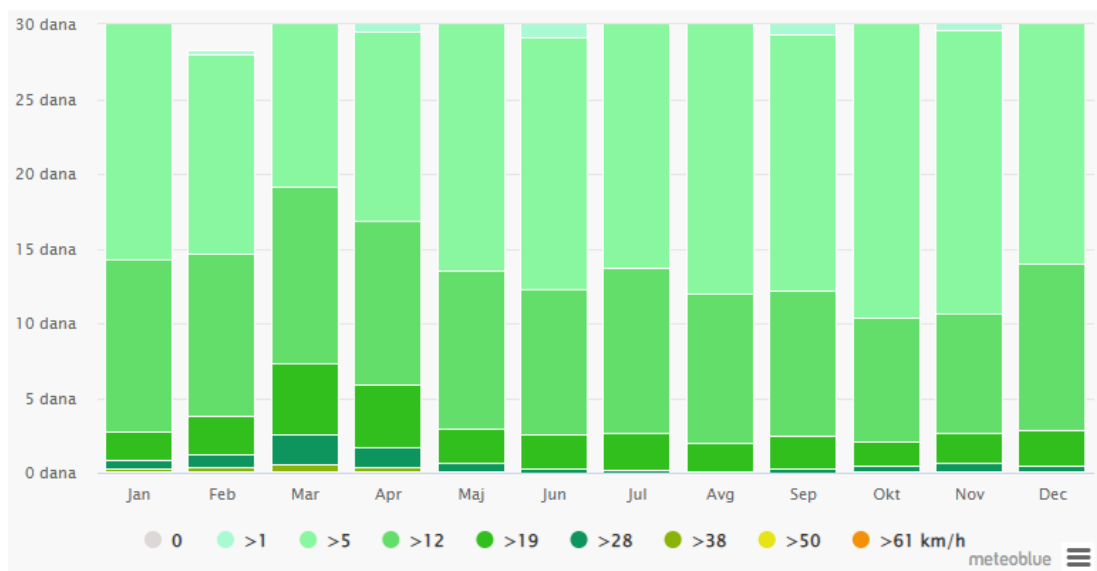
Слика 4. Максималне температуре (за град Ниш)

Дијаграм максималне температуре за Ниш на слици 4 приказује колико дана у месецу достигне одређене температуре.



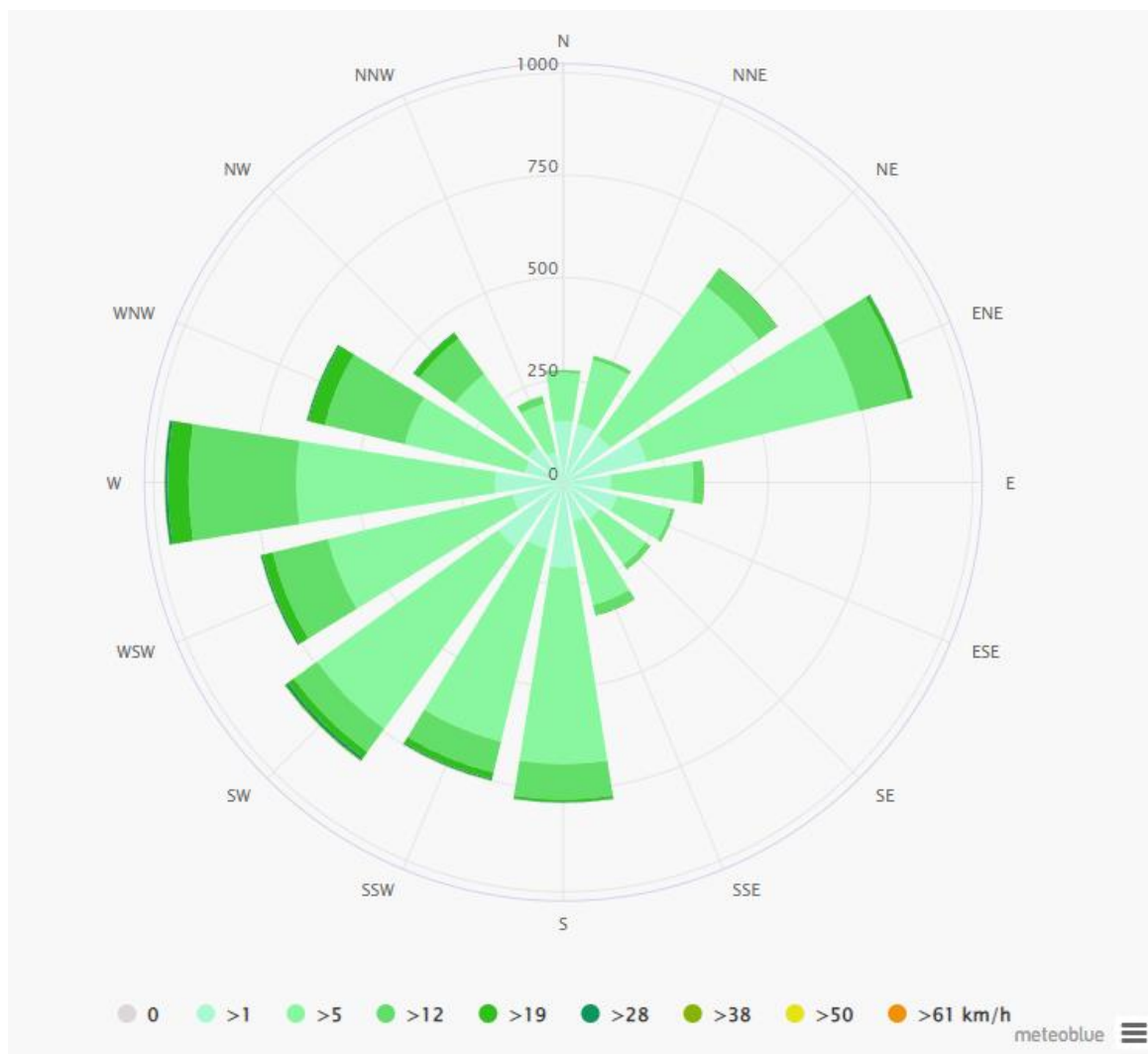
Слика 5. Количина падавина (за град Ниш)

Дијаграм количине падавина за Ниш (слика 5) приказује колико дана у месецу одређене вредности падавина су достигнуте.



Слика 6. Брзина ветра (за град Ниш)

Дијаграм брзине ветра за Ниш (слика 6) приказује колико дана у току једног месеца је могуће очекивати да ће одређене брзине ветра бити достигнуте.



Слика 7. Ружа ветрова (за град Ниш)

Ружа ветрова за Ниш приказује колико сати у години ветар дува из појединих праваца. На пример ЈЗ: Ветар дува из правца Југо-Запада (ЈЗ) ка Северо-Истоку (СИ).

2.2 Морфолошке карактеристике

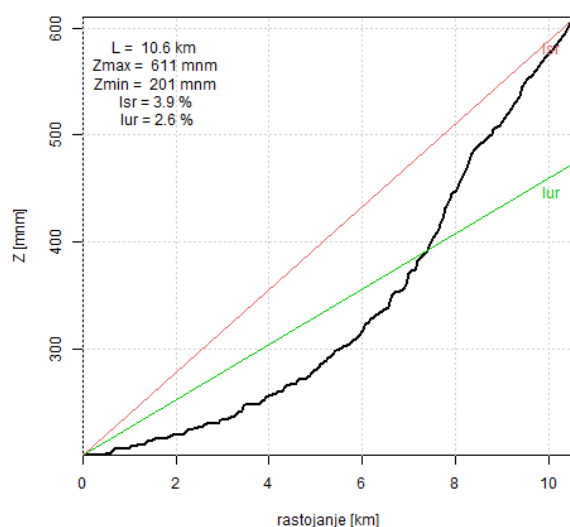
У табели 2 су дате основне хидрографске карактеристике сливног подручја које су одређене на основу топографске карте размере 1:25.000 и дигиталног модела терена.

Табела 2. Морфолошке карактеристике слива

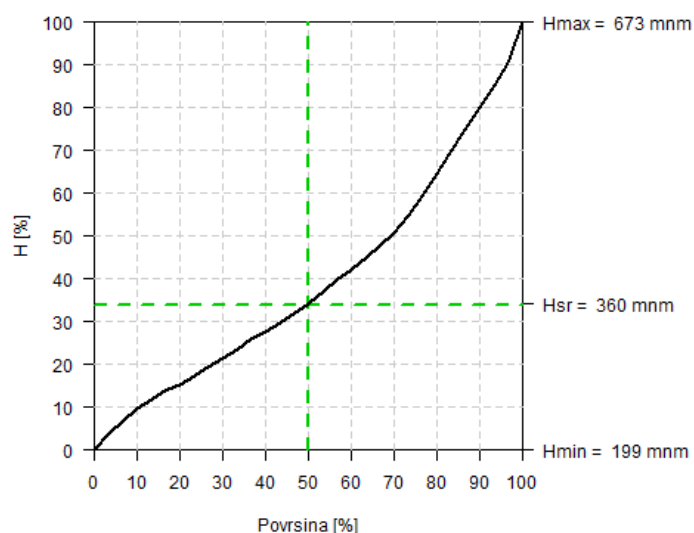
профил	ток	A km ²	L km	I _{ur} %	I _{sr} %	H _{min} mnm	H _{sr} mnm	H _{max} mnm
аеродром	Рујничка река	31,0	10,6	2,6	3,9	199	360	673

где су: A - површина слива, L - највећа дужина тока, I_{ur} - уравни пад тока, I_{sr} – средњи пад тока, H_{sr}, H_{max}, H_{min} - средња, максимална и минимална висина слива.

Подужни профил најдужег тока посматраног слива, са учртаним средњим падом тока I_{sr} и уравнаним падом тока I_{ur}, приказан је на слици 8. Хипсометријска крива површине слива приказана је на слици 9.



Слика 8. Подужни профил најдужег тока Рујничке реке

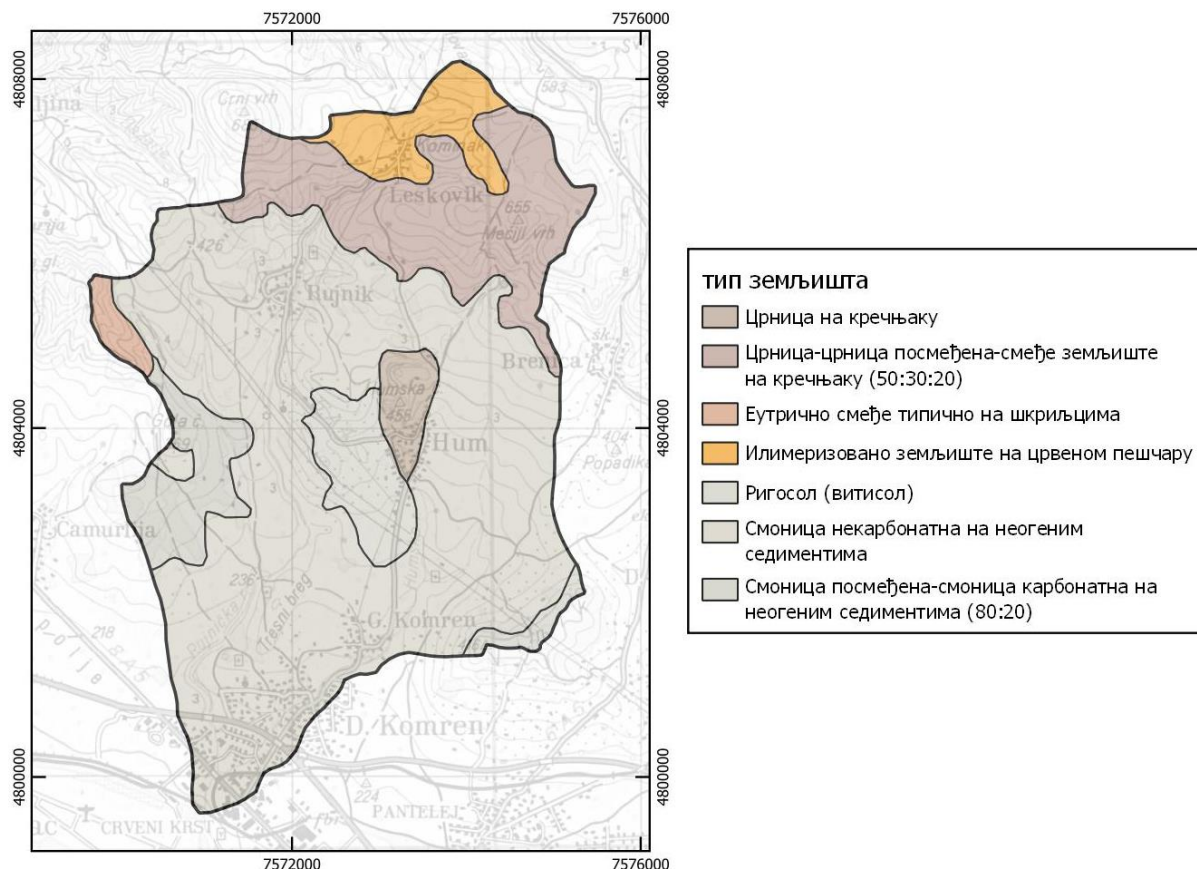


Слика 9. Хипсометријска крива сливне површине Рујничке реке

2.3 Заступљеност типова земљишта

За потребе анализе педолошког састава на разматраном подручју, коришћена је Педолошка карта Републике Србије размере 1:50.000 (Институт за земљиште, Београд, 1979) – листови Ниш-1 и Прокупље-2. На слици 10 је приказана педолошка карта посматраног подручја, а у табели 3 заступљеност типова земљишта на сливној површини.

У вршном делу слива, на обронцима планинског подручја Каменичког виси и Попове главе, близу насељеног места Лесковик, доминирају претежно црница на кречњаку и илимеризовано земљиште на црвеном пешчару, док је већи део слива (средњи и доњи део) под смоницом на неогеним седиментима.



Слика 10. Педолошка карта слива Рујничке реке

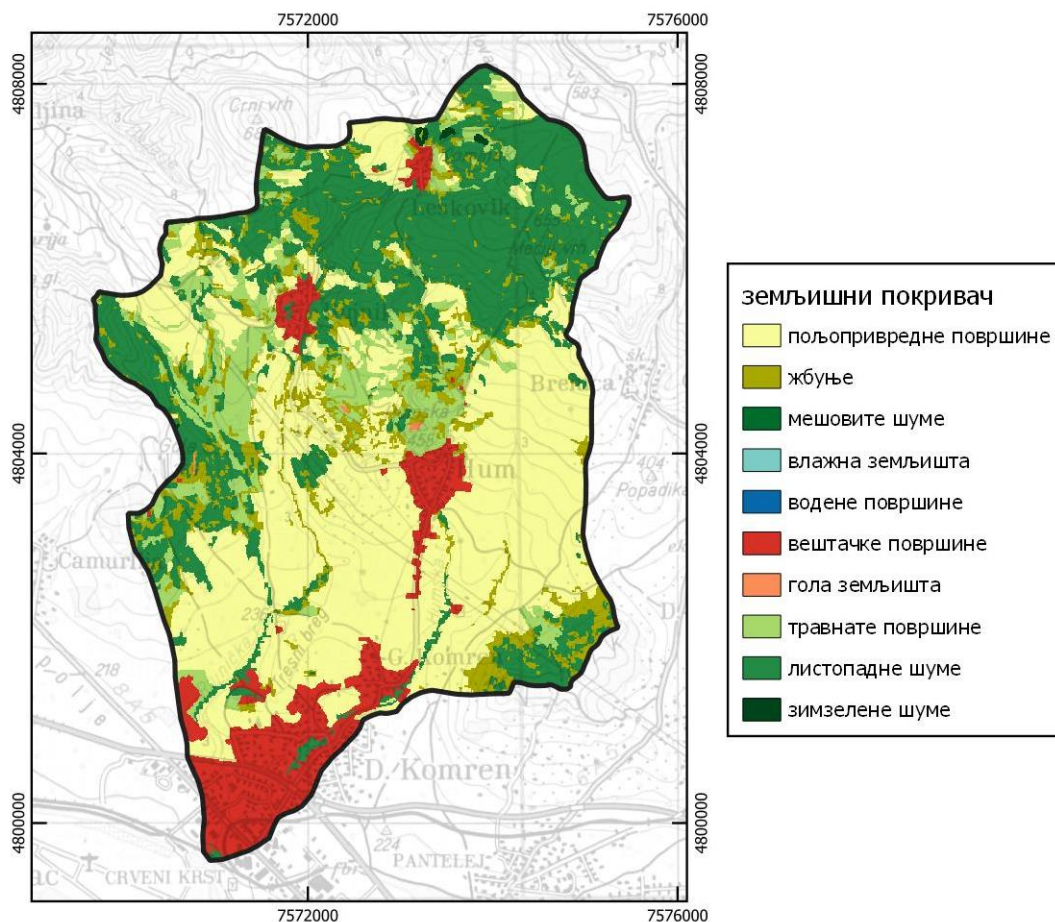
Табела 3. Заступљеност типова земљишта

тип земљишта	Рујничка река
Црница на кречњаку	2,3%
Црница-црница посмеђена-смеђе земљиште на кречњаку (50:30:20)	16,3%
Еутрично смеђе типично на шкриљцима	1,2%
Илимеризовано земљиште на црвеном пешчару	5,0%
Ригосол (витисол)	6,1%
Смоница некарбонатна на неогеним седиментима	63,8%
Смоница посмеђена-смоница карбонатна на неогеним седиментима (80:20)	5,4%

2.4 Начин коришћења земљишта

За потребе одређивања начина коришћења земљишта на посматраном подручју, коришћени су подаци са сајта Националне инфраструктуре геопросторних података „ГеоСрбија“, која групише начин коришћења земљишта у укупно 10 класа, као и јавно доступни сателитски ортофото снимци.

У вршном делу слива, на обронцима планинског подручја Каменичког виса и Попове главе, близу насељеног места Лесковик, доминирају шуме, са изузетком мањих пољопривредних површина у близини самог Лесковика. Средњи део слива је претежно под пољопривредним површинама, са насељима Хум и Рујник. Доњи део слива представља урбана средина насеља Ратко Јовић.



Слика 11. Карта начина коришћења земљишта у сливу Рујничке реке

Табела 4. Начин коришћења земљишта (у процентима укупне површине)

начин коришћења земљишта	Рујничка река
пољопривредне површине	43,6%
жбуње	9,0%
вештачке површине	9,6%
гола земљишта	0,1%
травнате површине	9,6%
листопадне шуме	27,9%
зимзелене шуме	0,2%

3 Хидролошки прорачун великих вода

За потребе прорачуна меродавних великих вода у задатом профилу, примењен је модел падавине-отицај који се заснива на теорији синтетичког јединичног хидрограма за детерминисање вршне ординате јединичног отицаја, као и на SCS методи за одређивање ефективних падавина.

3.1 Претходне хидролошке анализе

У оквиру Мишљења Јавног водопривредног предузећа Србијаводе (Водопривредни центар Морава-Ниш) бр. 369/1 од 26.1.2021. године, које је издато у поступку добијања водних услова у поступку израде техничке документације за доградњу и реконструкцију зграде терминала аеродрома „Константин Велики“ у Нишу (*Bauprojekt d.o.o.*, Београд, фебруар 2021), наводе се следећи карактеристични протицаји Рујничке реке као оријентациони, који су преузети из Мишљења Републичког хидрометеоролошког завода (РХМЗ) бр 92-1-1-245/2004 од 3.11.2008. године и бр 92-1-1-243/2008-22 од 21.5.2008. године:

Стогодишња велика вода: $Q_{1\%}=56,4\text{m}^3/\text{s}$

Педесетогодишња велика вода: $Q_{2\%}=47,6\text{m}^3/\text{s}$

У оквиру „Хидролошког елабората карактеристичних протицаја великих вода Рујничке реке“ који је рађен фебруара 2021. године за потребе Идејног решења регулације Рујничке реке у зони аеродрома Константин Велики у Нишу, урађен је хидролошки прорачун великих вода и добијени су следећи резултати:

Стогодишња велика вода: $Q_{1\%}=41,5\text{m}^3/\text{s}$

Педесетогодишња велика вода: $Q_{2\%}=34,4\text{m}^3/\text{s}$

Двадесетогодишња велика вода: $Q_{5\%}=26,0\text{m}^3/\text{s}$

3.2 Анализа киша јаког интензитета

Падавине, као улазни параметар у модел падавине-отицај, коришћене су у облику зависности "максимална висина кише - трајање - вероватноћа појаве" (*H-T-P* криве) за кише јаког интензитета а кратког трајања.

За потребе ове хидролошке анализе, коришћени су подаци о меродавним кишама у оквиру Водних услова бр. 325-05-00966/2020-07 од 3.3.2021. године, који су издати у поступку припреме техничке документације за доградњу и реконструкцију зграде терминала аеродрома „Константин Велики“ у Нишу. У табели 5 су приказане карактеристичне рачунске вредности за интензитете падавина карактеристичних вероватноћа појаве за предметну деоницу.

Табела 5. Интензитет кише у функцији трајања и вероватноће појаве (l/s/ha)

tk (min)	P1%	P2%	P5%	P10%
10	567	498	417	360
20	353	312	261	224
30	262	231	193	167
60	153	135	113	96,9
120	87,4	76,9	64,3	55,4
180	62,6	55,2	46,1	39,7

3.3 SCS метода за ефективну кишу

Америчка агенција за заштиту земљишта (*Soil Conservation Service - SCS*, данас *National Resource Conservation Service - NRCS*) развила је метод за прорачун функције губитака кише. Основна поставка SCS методе за губитке кише је да је висина ефективне кише P_e увек мања или једнака укупној висини кише P , а да је вода упијена у земљиште након почетка отицаја I_a увек мања или једнака максималном капацитету тла S .

Количина воде коју земља упије пре него што почне отицај назива се почетним губитком I_a , тако да је максимална "потенцијална" ефективна киша једнака $(P - I_a)$. Претпоставка SCS методе је да су односи стварне и потенцијалне ефективне кише с једне стране, и стварних и потенцијалних губитака с друге, једнаки:

$$\frac{P_e}{P - I_a} = \frac{I}{S}$$

при чему важи:

$$P = P_e + I_a + I$$

Из претходна два израза следи:

$$P_e = \frac{(P - I_a)^2}{(P - I_a + S)}$$

Проучавањем великог броја експерименталних сливова, у SCS су дошли до везе између почетног и максималног капацитета земљишта:

$$I_a = 0.2S$$

Уношењем овог израза, следи:

$$P_e = \frac{(P - 0.2S)^2}{(P + 0.8S)}$$

Уместо капацитета земљишта S , уводи се тзв. број криве отицаја CN као параметар у горњој једначини. Број CN је без димензије и вредности му се крећу између 1 и 100, а његова веза са S је дата са:

$$S = 25.4 \left(\frac{1000}{CN} - 10 \right)$$

где се S добија у милиметрима. За непропусне и водене површине CN узима вредност 100, док је за природне површине $CN < 100$.

Одређивање хијетограма ефективне кише овде се обавља посредно, преко сумарне линије кише. За сваки временски интервал, ордината сумарне линије ефективне кише $P_e(t)$ добија се према датој једначини на основу ординате сумарне линије пале кише $P(t)$ за задат CN . При томе треба водити рачуна да укупна висина кише мора бити већа од почетних губитака, јер се не може изгубити више кише него што је пало. Дакле:

$$P_e = \begin{cases} \frac{(P(t) - 0.2S)^2}{(P(t) + 0.8S)}, & P > 0.2S \\ 0, & P \leq 0.2S \end{cases}$$

Са овако одређеном сумарном линијом ефективне кише, може се конструисати и хијетограм ефективне кише.

3.4 SCS метода – број криве отицаја CN

Вредност криве отицаја CN заснива се на хидролошкој класи земљишта, начину коришћења земљишта, начину обраде и претходним условима отицања.

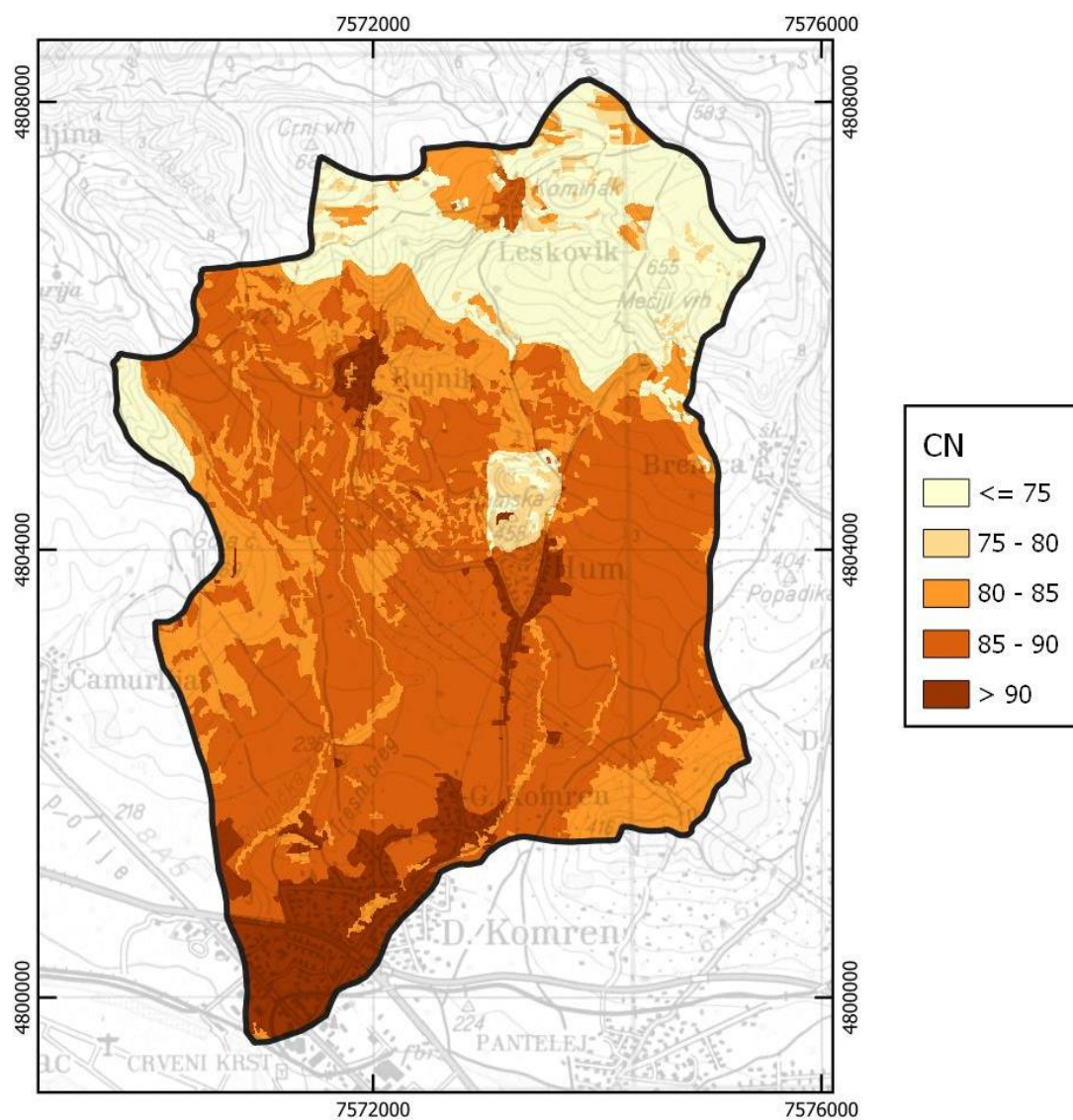
Према SCS, земљишта су подељена у четири хидролошке класе у зависности од потенцијалних услова отицања. Четири хидролошке класе земљишта су означене као А, Б, Ц и Д, где класа А има најмањи потенцијал отицања а класа Д највећи. Критеријуми за класификацију земљишта у хидролошке класе укључују минимални износ инфилтрације, дубину до водонепропусног слоја, нивоа подземних вода итд. У пракси се најчешће одређује на основу педолошког састава земљишта.

Број криве отицаја CN се одређује прво дефинисањем свих комбинација хидролошке класе земљишта и начина коришћења у целом сливном подручју, а потом се пондерисањем добија средња вредност за слив. Вредности броја CN за различите услове се могу наћи у литератури, нпр. *NRCS National Engineering Handbook* (2009).

Сви заступљени типови земљишта на истражном подручју класификовани су у одговарајуће хидролошке класе према педолошким карактеристикама (видети табелу 6). На тај начин добијена вредност броја CN_{II} односи се на просечне претходне услове отицања. Да би се обухватили неповољнији услови који најчешће владају при екстремним појавама великих вода (када се инфилтрационо-ретенциони капацитет слива сведе на минимум услед нпр. сатурације земљишта водом), у пракси се рачуна број CN за тзв. надпросечне услове отицаја (CN_{III}). Користећи тако класификоване хидролошке класе земљишта и начин коришћења земљишта у сливном подручју, срачунат је просторни распоред криве отицаја CN, приказан на слици 12.

Табела 6. Класификација педолошких класа земљишта у хидролошке класе земљишта

тип земљишта	хидролошка класа
Црница на кречњаку	Б
Црница-црница посмеђена-смеђе земљиште на кречњаку (50:30:20)	Б
Еутрично смеђе типично на шкриљцима	Б
Илимеризовано земљиште на црвеном пешчару	Б
Ригосол (витисол)	Ц
Смоница некарбонатна на неогеним седиментима	Ц
Смоница посмеђена-смоница карбонатна на неогеним седиментима (80:20)	Ц



Слика 12. Просторни распоред броја криве отицаја CN

Усвојене вредности броја криве отицаја CN за надпросечне услове отицања су CN_{III} у табели 7.

Табела 7. Резултат прорачуна броја CN

профил	ток	CN
аеродром	Рујничка река	83

3.5 Метода синтетичког јединичног хидрограма

Јединични хидрограм се дефинише као хидрограм директног отицаја услед јединичне ефективне кише која је равномерно распоређена по површини слива и константног је интензитета током ефективног трајања.

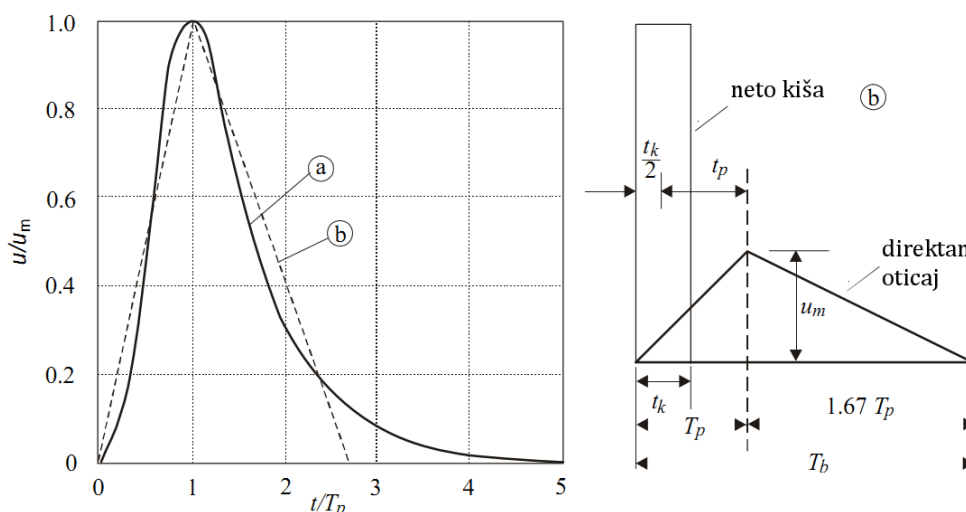
На неизученим сливовима се користе синтетички јединични хидрограми чија се конструкција заснива на транспозицији података са других сливова кроз регионалне везе између карактеристика слива и карактеристика хидрограма.

Код SCS бездимензионалног јединичног хидрограма (слика 13), време се изражава у односу на време подизања хидрограма T_p , а ординате у односу на максималну ординату јединичног хидрограма u_m . Да би се овакав хидрограм применио, потребно је познавати време подизања T_p , док се максимална ордината u_m одређује из услова да површина испод будућег јединичног хидрограма буде једнака запремини отицаја.

Време подизања хидрограма T_p може се изразити помоћу времена кашњења слива t_p :

$$T_p = t_p + \frac{t_k}{2}$$

где је t_k трајање кише. Време кашњења t_p се најчешће одређује или посредством физичких карактеристика слива или проценом времена концентрације слива.



Слика 13. Синтетички јединични хидрограм по SCS: а) криволинијски јединични хидрограм и б) апроксимација троуглом

У пракси се често користи модификација синтетичког хидрограма коју су предложили Брајковић и Јовановић (Јовановић, 1989). Према овој модификацији, време опадајуће гране хидрограма T_r , као и база хидрограма T_b , нису фиксирани већ износе:

$$T_r = rT_p \text{ и } T_b = (1+r)T_p$$

где је r константа за дати слив и зависи од величине слива и намене површина на сливу.

Време кашњења слива t_p које одређује време подизања хидрограма T_p , одређује се из регионалне зависности:

$$t_p = at_k + t_0$$

где су сва времена изражена у часовима. Сматра се да параметар a зависи од површине слива, а параметар t_0 од физичких карактеристика слива, као нпр. у следећој емпиријској зависности:

$$t_0 = 1.06 \left(\frac{L}{I_{ur}} \right)^{0.47}$$

где је L највећа дужина тока (у km) а I_{ur} уравни пад тока (у процентима).

Максимална ордината протицаја (изражена у m³/s) се рачуна као:

$$Q_{\max} = \frac{2 \cdot A \cdot P_e}{T_b \cdot 60} \cdot 1000$$

где су: A - површина слива (km²), P_e - ефективне падавине (mm) и T_b - база хидрограма тј. време од почетка до краја троугаоног хидрограма (min). База хидрограма је сума времена подизања хидрограма T_p и времена опадања хидрограма T_r .

Време трајања кише t_k усвојено је као време трајања кише које на основу меродавне *HTP* криве даје највеће (најнеповољније) протоке.

4 Резултати

Сprovedеним поступком прорачуна, срачунати су максимални протоци велике воде за вероватноће појаве од 1%, 2%, 5% и 10%, односно за повратне периоде од 100, 50, 20 и 10 година. Резултати прорачуна су приказани у табели 8.

Табела 8. Резултати хидролошких прорачуна великих вода Рујничке реке

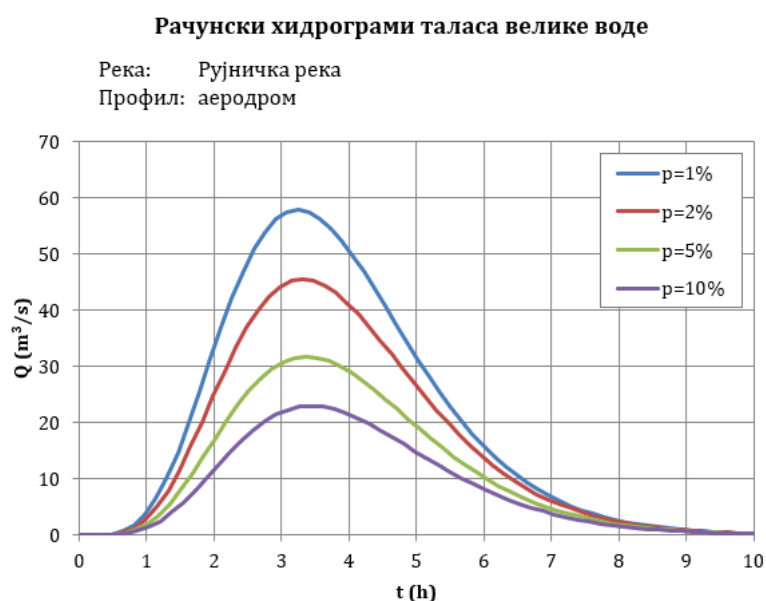
T	p	t _k	P	P _{ef}	t _p	T _p	T _b	Q _{max}
(god)	(%)	(min)	(mm)	(mm)	(min)	(min)	(min)	(m ³ /s)
100	1%	86,0	59,2	23,6	151,5	194,5	421,5	57,8
50	2%	91,0	52,7	19,0	153,1	198,6	430,5	45,6
20	5%	95,0	44,5	13,5	154,5	202,0	437,7	31,8
10	10%	100,0	38,7	9,9	156,1	206,1	446,7	23,0

Облик хидрограма дефинисан је гама расподелом за апроксимацију криволинијског троугла:

$$\frac{Q}{Q_{\max}} = e^m \left(\frac{t}{T_p} \right)^m e^{\left(-m \left(\frac{t}{T_p} \right) \right)}$$

где су: $Q/Q_{\max}$ -однос протицаја у датом тренутку и максималног протицаја, m -фактор облика гама једначине, t/T_p -време у односу на време подизања хидрограма. Из једначине се види да постоји само један непознат параметар, фактор облика m , који се одређује из услова да запремина криволинијског хидрограма (односно површина испод криве) буде једнака запремини троугаоног хидрограма (односно површини троугла).

Срачунати хидрограми дати су на слици 14.

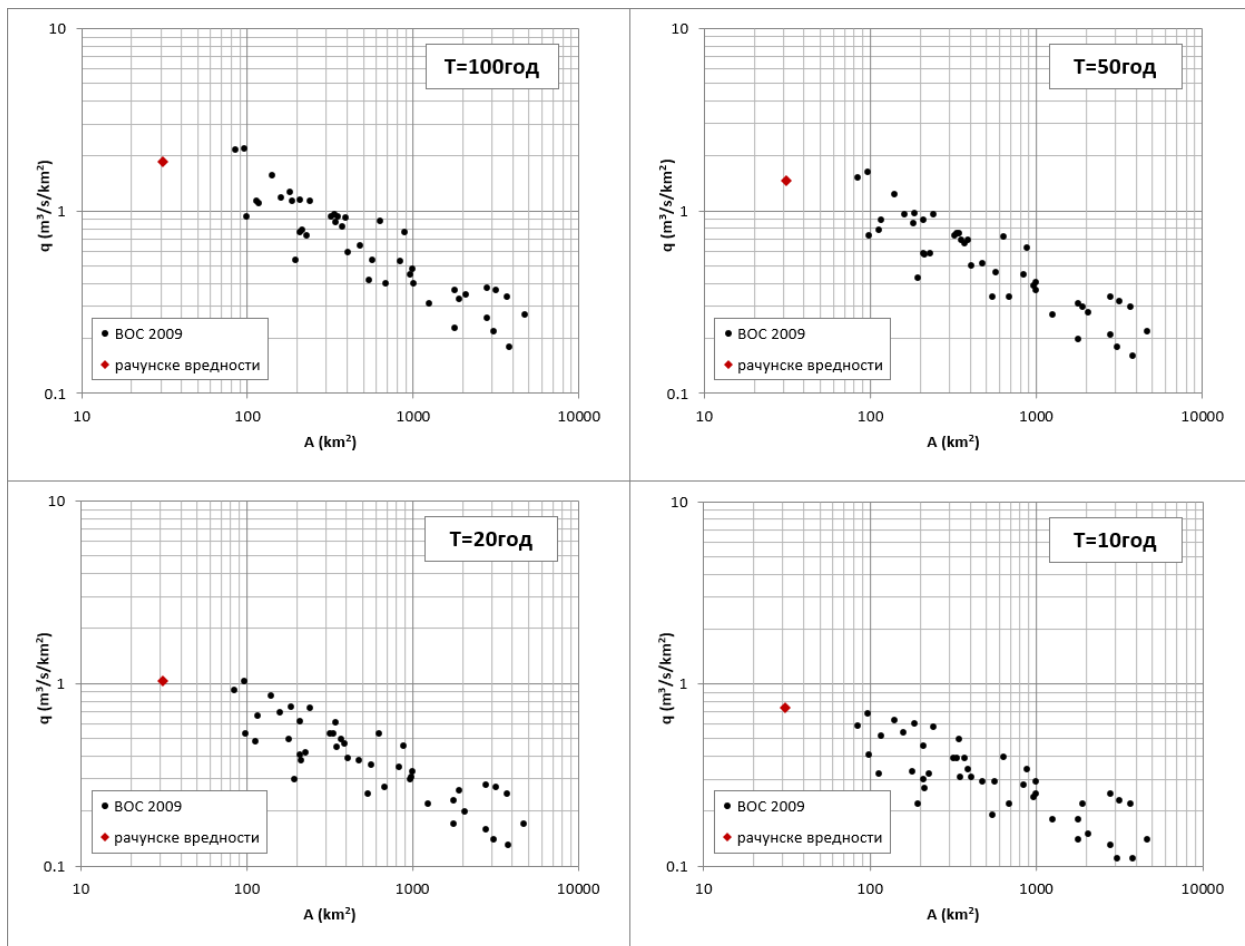


Слика 14. Рачунски хидрограми поплавних таласа за посматрани профил

5 Контрола срачунатих вредности

Контрола срачунатих вредности извршена је применом анvelopa специфичног отицаја великих вода за територију Србије. Вредности специфичног отицаја великих вода, тј. модула отицаја великих вода или модула максималног годишњег протока, преузете су из Хидролошких подлога Водопривредне основе Републике Србије (2009), за укупно 44 хидролошке станице са сливном површином мањом од 5000 km², за повратне периоде T=10, 20, 50 и 100 година.

На слици 15 су упоредно приказане вредности специфичних отицаја са хидролошких станица широм Србије и вредности срачунатих вредности за посматране сливове.



Слика 15. Специфични отицај великих вода сливова у Србији (резултати прорачуна приказани су црвеном бојом)