



УНИВЕРЗИТЕТ У НИШУ
ФАКУЛТЕТ ЗАШТИТЕ НА РАДУ У НИШУ



Сандра М. Станковић

**МОДЕЛ ОДРЖИВОГ УПРАВЉАЊА ВОДНИМ
РЕСУРСИМА У УСЛОВИМА ЕКСТРЕМНИХ
ХИДРОЛОШКИХ ПОЈАВА**

ДОКТОРСКА ДИСЕРТАЦИЈА

Текст ове докторске дисертације ставља се на увид јавности,
у складу са чланом 30., став 8. Закон о високом образовању
(„Сл. гласник РС“ бр. 76/2005, 100/2007 – аутентично тумачење, 97/2008, 44/2010, 93/2012,
89/2013 и 99/2014)

НАПОМЕНА О АУТОРСКИМ ПРАВИМА:

Овај текст сматра се рукописом и само се саопштава јавности (члан 7. Закона о ауторским и
сродним правима. „Сл. гласник РС“, бр. 104/2009, 99/2011 и 119/2012).

**Ниједан део ове докторске дисертације не сме се користити ни у какве сврхе,
осим за упознавање са њеним садржајем пре одбране дисертације.**

Ниш, 2024.



UNIVERSITY OF NIŠ
FACULTY OF OCCUPATIONAL SAFETY IN NIŠ



Sandra M. Stanković

**MODEL OF SUSTAINABLE WATER RESOURCES
MANAGEMENT IN TERMS OF EXTREME
HYDROLOGICAL PHENOMENA**

DOCTORAL DISSERTATION

Niš, 2024

Подаци о докторској дисертацији

Ментор:

др Дејан Васовић, ванредни професор.
Универзитет у Нишу, Факултет заштите на раду у Нишу

Наслов:

Модел одрживог управљања водним ресурсима у условима екстремних хидролошких појава

Резиме:

Растући економски, еколошки и друштвени значај водних ресурса наглашава потребу за усвајањем одрживих стратегија управљања њима и заштите екосистемских услуга које они пружају. Иако су екстремне хидролошке појаве чест предмет научних истраживања, још увек постоји значајан дефицит информација о њиховом директном утицају на квалитет сирових површинских вода, које су примарни извор воде за системе јавног водоснабдевања.

Реализовано истраживање у овој дисертацији, фокусира се на развој модела одрживог управљања водним ресурсима приликом екстремних хидролошких појава. Истраживање је спроведено на примерима изворишта два јавна комунална предузећа: „Водовод“ из Власотинца и „Naissus“ из Ниша, за посматрани период од јануара 2014. године до децембра 2018. године.

У циљу идентификације, систематизације и утврђивања приоритета за извршење функција у оквиру система за управљање примарним екосистемским услугама, посебно у контексту јавног водоснабдевања, примењена је методологија процесних функција у комбинацији са техникама рангирања. Овај приступ омогућио је квантификацију и процену ефективности пословних операција и истовремено идентификовао специфичне процесне функције које захтевају додатна унапређења. За оцену утицаја екстремних хидролошких појава на квалитет сирове површинске воде, коришћене су статистичке анализе, и то: дескриптивне статистике, једнофакторска анализа варијансе (ANOVA), корелациона анализа трендова, анализа кластера, експлоративна факторска анализа (PCA), помоћу којих је извршена карактеризација, квантификација и визуелизација утицаја екстремних хидролошких појава на промене квалитета сирове површинске воде. Ове анализе су омогућиле квантификацију зависности између запреминских протицаја и параметара квалитета сирове површинске воде, односно: мутноће, ХПК (KMnO_4), амонијака, нитрата, нитрита, гвожђа, мангана, рН вредности, БПК₅, алуминијума и боје. Анализе су спроведене применом статистичких програма R4.0.4 и SPSS, чиме су карактерисане промене у квалитету сирове површинске воде услед

варијација у протицају повезаних са екстремним хидролошким појавама.

Резултати истраживања су коришћени за развој савременог, одрживог модела управљања водним ресурсима, који је укључио предиктивну компоненту која омогућава предвиђање потенцијалних измена у квалитету сирове површинске воде, што доприноси примени одговарајуће технологије прераде воде за пиће, и олакшава благовремено деловање при екстремним хидролошким појавама.

Научна
област:

Инжењерство заштите животне средине и заштите на раду

Научна
дисциплина:

Управљање квалитетом радне и животне средине

Кључне речи:

Водни ресурси, водоводни системи, екстремне хидролошке појаве, квалитет сирове воде, одрживо управљање

УДК:

502.131.1:502.5]:556(043.3)

CERIF
класификација:

T 270, Технологија животне средине, контрола загађивања

Тип лиценце
креативне
заједнице:

Ауторство – некомерцијално – без прераде (CC BY-NC-ND)

Data on Doctoral Dissertation

Doctoral
Supervisor:

PhD Dejan Vasović, Associate Professor.
University of Niš, Faculty of Occupational Safety in Niš

Title:

Model of Sustainable Water Resources Management in Terms of Extreme Hydrological Phenomena

Abstract:

The growing economic, ecological, and social importance of water resources highlights the need for adopting sustainable management strategies and protecting the ecosystem services they provide. Although extreme hydrological events are frequently the subject of scientific research, there remains a significant information deficit regarding their direct impact on the quality of raw surface water, which is the primary source of water for public water supply systems. The research conducted in this dissertation focuses on developing a model for sustainable management of water resources during extreme hydrological events. The study was carried out using examples from two public utility sources: "Vodovod" from Vlasotince and "Naissus" from Niš, over the observed period from January 2014 to December 2018. To identify, systematize, and determine priorities for executing functions within the system for managing primary ecosystem services, particularly in the context of public water supply, a methodology of process functions combined with ranking techniques was applied. This approach enabled the quantification and assessment of the effectiveness of business operations while simultaneously identifying specific process functions that required further improvements. For assessing the impact of extreme hydrological events on the quality of raw surface water, statistical analyses were used, including: descriptive statistics, one-way analysis of variance (ANOVA), correlation analysis of trends, cluster analysis, and principal components analysis (PCA). These analyses facilitated the characterization, quantification, and visualization of the impacts of extreme hydrological events on raw surface water quality. These analyses allowed for the quantification of the dependencies between volumetric flows and raw water quality parameters, including turbidity, COD (KMnO₄), ammonia, nitrates, nitrites, iron, manganese, pH value, BOD₅, aluminum and colour. The analyses were conducted using statistical programs R 4.0.4 and SPSS, characterizing changes in raw surface water quality due to flow variations associated with extreme hydrological events. The results of the research have been used to develop a contemporary, sustainable water resource management model that includes a predictive component enabling

the anticipation of potential changes in the quality and availability of raw water. This contributes to the application of appropriate drinking water treatment technology and facilitates timely action during extreme hydrological events.

Scientific
Field:

Environmental and Occupational Safety Engineering

Scientific
Discipline:

Working and Living Environment Quality

Keywords:

Water resources, Water Supply Systems, Extreme Hydrological Events,
Raw Water Quality, Sustainable Management

UDC:

502.131.1:502.5]:556(043.3)

CERIF
Classification:

T270 Environmental technology, pollution control

Creative
Commons
License type:

Selected License Type: CC BY-NC-ND

ЗАХВАЛНОСТ АУТОРА

На самом почетку овог рада, желим да изразим своју дубоку захвалност свим појединцима и институцијама које су имале значајан утицај на реализацију ове докторске дисертације.

Посебну захвалност упућујем свом ментору, ванредном професору др Дејану Васовићу, који је својим знањем, саветима и подршком био од непроцењивог значаја за овај рад.

Такође, захваљујем се свим члановима Комисије, који су својим стручним мишљењем и вредновањем у великој мери допринели квалитету и важности ове дисертације.

Велику захвалност упућујем јавним комуналним предузећима „Naissus“ из Ниша и „Водовод“ из Власотинца, на сарадњи и подршци у прикупљању података и информација које су биле од суштинске важности за ову дисертацију.

На крају, желим да овај докторат посветим својим родитељима и сестри, чија су подршка, стрпљење и охрабрење представљали мој највећи ослонац и инспирацију.

Садржај:

1 УВОД	1
1.1 Проблем научног истраживања	2
1.2 Предмет научног истраживања.....	5
1.3 Циљеви научног истраживања.....	8
1.4 Хипотезе истраживања	9
1.5 Примењене научне методе	9
1.6 Научна заснованост и допринос истраживања.....	11
1.7 Структура докторске дисертације	12
2 ТЕРМИНОЛОШКА И САДРЖАЈНА АНАЛИЗА ОДРЖИВОГ УПРАВЉАЊА ВОДНИМ РЕСУРСИМА И ЕКСТРЕМНИХ ХИДРОЛОШКИХ ПОЈАВА.....	15
2.1 Доступност водних ресурса.....	16
2.2 Одрживо управљање водним ресурсима	18
2.2.1 Кратак осврт на Агенду 2030 – Глобални циљ одрживог развоја 6	24
2.3 Екстремне хидролошке појаве	26
3 РЕГУЛАТОРНЕ ДЕТЕРМИНАНТЕ СИСТЕМА УПРАВЉАЊА ВОДНИМ РЕСУРСИМА.....	31
3.1 Кратак осврт на „План о безбедности воде“.....	32
3.2 Правни оквир за регулисање заштите вода у појединим земљама	33
3.3 Кратак осврт на правни оквир Европске уније	35
3.4 Преглед надлежности у водопривреди у Републици Србији.....	37
3.5 Преглед законског оквира у сектору вода у Републици Србији.....	41
3.6 Усклађивање домаћег законодавства са Оквирном директивом о водама.....	43
4 ВОДНИ РЕСУРСИ И ВОДОСНАБДЕВАЊЕ НАСЕЉА	47
4.1 Водни ресурси за водоснабдевање насељених места	48
4.2 Кратак преглед водопривредне основе у Републици Србији.....	50
4.3 Квалитет и класификација водних ресурса у Републици Србији.....	53
4.3.1 Осврт на квалитет воде која се испоручује потрошачима у водоводном систему Ниша	56
4.3.2 Осврт на квалитет воде која се испоручује потрошачима у водоводном систему Власотинца	57
4.4 Водоводни систем ЈКП „Naissus“ – Ниш	59
4.5 Водоводни систем ЈКП „Водовод“ – Власотинце.....	61
5 ОПИС И КАРАКТЕРИСТИКЕ ПОСМАТРАНОГ СЛИВНОГ ПОДРУЧЈА – ОДАБРАНИХ ИЗВОРИШТА ВОДОСНАБДЕВАЊА „МЕДИЈАНА“ И „ВЛАСИНА“	64
5.1 Карактеризација сливног подручја Јужне Мораве.....	65
5.2 Основне карактеристике изворишта „Медијана“ – Ниш	67
5.2.1 Географски положај и геоморфолошке карактеристике изворишта „Медијана“	70
5.2.2 Хидрографске и хидролошке карактеристике изворишта „Медијана“.....	70
5.2.3 Климатске карактеристике изворишта „Медијана“	71
5.3 Основне карактеристике изворишта „Власина“ – Власотинце	72

5.3.1 Географски положај и геоморфолошке карактеристике изворишта „Власина“	74
5.3.2 Хидрографске и хидролошке карактеристике изворишта „Власина“	74
5.3.3 Климатске карактеристике изворишта „Власина“	75
6 РАЗВОЈ И ПРИМЕНА МОДЕЛА ОДРЖИВОГ УПРАВЉАЊА ВОДНИМ	
РЕСУРСИМА У УСЛОВИМА ЕКСТРЕМНИХ ХИДРОЛОШКИХ ПОЈАВА	76
6.1 Развој система одрживог управљања великим и малим постројењима за водоснабдевање методом оцењивања организације према процесним функцијама ...	77
6.1.1 Примена и анализа резултата добијених методом процесних функција за оцену организационих перформанси постројења за прераду воде – ЈКП „Naissus“ Ниш	81
6.1.2 Примена и анализа резултата добијених методом процесних функција за оцену организационих перформанси постројења за прераду воде – ЈКП „Водовод“ Власотинце	91
6.2 Примена одабраних истраживачких метода за анализу параметара квалитета сирове површинске воде изворишта водоснабдевања „Медијана“ и „Власина“	99
6.2.1 Дескриптивна статистика протицаја и параметара квалитета сирове површинске воде	104
6.2.2 Дескриптивна статистика протицаја и параметара квалитета сирове површинске воде за мерно место Ниш без екстремних вредности запреминских протицаја	125
6.2.3 Дескриптивна статистика протицаја и показатеља квалитета сирове површинске воде за мерно место Свође без екстремних вредности	127
6.2.4 Разлике параметара квалитета сирове површинске воде у односу на запремински протицај за мерно место Ниш рачунате са и без екстремних хидролошких појава	131
6.2.5 Разлике параметара квалитета сирове воде у односу на запремински протицај за мерно место Свође рачунате са и без екстремних хидролошких појава	139
6.2.6 Разлике у анализираним параметрима квалитета сирове воде у зависности од интензитета запреминског протицаја по месецима за мерно место Ниш	150
6.2.7 Разлике у анализираним параметрима квалитета воде у зависности од интензитета запреминског протицаја по месецима за мерно место Свође	155
6.2.8 Разлике по карактеристикама параметара квалитета сирове воде по месецима између Ниша и Власотинца	160
6.2.9 Зависност параметара квалитета сирове површинске воде у односу на запремински протицај	163
6.2.10 Промена вредности анализираних параметара квалитета сирове воде у односу на запремински протицај за мерно место Ниш	164
6.2.11 Промена вредност анализираних параметара квалитета сирове површинске воде у односу на запремински протицај за мерно место Свође	172
6.2.12 Анализа кластера за локацију Ниш	181
6.2.13 Анализа кластера за локацију Свође	182
6.2.14 Анализа кластера на просеченим подацима без екстремних вредности за локацију Ниш	183

6.2.15	Анализа кластера на просеченим подацима без екстремних вредности за локацију Свође	186
6.2.16	РСА анализа - Ниш	189
6.2.17	РСА анализа – Свође.....	192
6.3	Концепт мултимедијалне апликације за мониторинг водних ресурса	196
7	ЗАКЉУЧНА РАЗМАТРАЊА И ПРАВЦИ ДАЉИХ ИСТРАЖИВАЊА	203
	ЛИТЕРАТУРА	210
	ПРИЛОЗИ.....	233
	Прилог 1 – Табела критеријума за избор нивоа послова.....	234
	Прилог 2 – Табела нивоа процесних функција.....	235
	Прилог 3 – Табела критеријума за одређивање оцена послова	236
	Прилог 4 – Минимална вредност амонијака за мерно место Свође за анализирани период истраживања	237
	Прилог 5 – Минимална вредност нитрита у води за мерно место Свође за анализирани период истраживања.....	239
	Прилог 6 – Средње месечне вредности концентрација анализираних параметара квалитета сирове воде – мерно место Ниш	241
	Прилог 7 – Средње месечне вредности концентрација анализираних параметара квалитета сирове воде – мерно место Свође	244
	БИОГРАФИЈА АУТОРА.....	247

СПИСАК СЛИКА

Слика 2-1 Глобални циљ одрживог развоја 6 - потциљеви и индикатори	25
Слика 2-2 Међусобни односи између управљања, адаптације и одговора у контексту екстремних хидролошких појава	27
Слика 3-1 Пример приступа са вишеструким баријерама за обезбеђивање безбедног снабдевања питком водом	33
Слика 3-2 Организација интегралног управљања водама у Републици Србији	39
Слика 4-1 Водни ресурси и урбани водни циклус	49
Слика 4-2 Диспозиција изворишта НИВОС-а	60
Слика 5-1 Слив Јужне Мораве	65
Слика 5-2 Извориште „Медијана“	67
Слика 5-3 Водозахват речне воде у зони изворишта „Медијана“ за мерно место Ниш (лево) и водомерна летва на локацији водозавхвата (десно)	69
Слика 5-4 Постројење за пречишћавање воде „Нерезине“ и примарни водозахват	73
Слика 6-1 Преглед процеса управљања	78
Слика 6-2 Преглед основних процесних функција са ознакама и значењем	80
Слика 6-3 Основе модела одрживог управљања водним ресурсима	104
Слика 6-4 Расподела протицаја воде за мерно место Ниш	108
Слика 6-5 Расподела мутноће воде за мерно место Ниш	109
Слика 6-6 Расподела ХПК (KMnO_4) за мерно место Ниш	110
Слика 6-7 Расподела амонијака у води за мерно место Ниш	111
Слика 6-8 Расподела нитрата у води за мерно место Ниш	112
Слика 6-9 Расподела нитрита у води за мерно место Ниш	113
Слика 6-10 Расподела гвожђа у води за мерно место Ниш	113
Слика 6-11 Расподела мангана у води за мерно место Ниш	114
Слика 6-12 Расподела рН вредности воде за мерно место Ниш	115
Слика 6-13 Расподела БПК ₅ у води за мерно место Ниш	116
Слика 6-14 Расподела протицаја воде за мерно место Свође	117
Слика 6-15 Расподела мутноће воде за мерно место Свође	118
Слика 6-16 Расподела ХПК (KMnO_4) у води за мерно место Свође	118
Слика 6-17 Расподела амонијака у води за мерно место Свође	119
Слика 6-18 Расподела нитрата у води за мерно место Свође	120
Слика 6-19 Расподела нитрита у води за мерно место Свође	121
Слика 6-20 Расподела гвожђа у води за мерно место Свође	122
Слика 6-21 Расподела мангана у води за мерно место Свође	123
Слика 6-22 Расподела рН вредности воде за мерно место Свође	123
Слика 6-23 Расподела алуминијума у води за мерно место Свође	124
Слика 6-24 Просечан протицај воде по месецима за мерно место Ниш	130
Слика 6-25 Просечан протицај воде по месецима за мерно место Свође	131
Слика 6-26 Средња вредност мутноће воде	134
Слика 6-27 Просечна вредност ХПК (KMnO_4)	135
Слика 6-28 Средња вредност нитрата	136
Слика 6-29 Средња вредност нитрита	137
Слика 6-30 Средња вредност БПК ₅	138
Слика 6-31 Средња вредност мутноће воде	141
Слика 6-32 Средња вредност ХПК (KMnO_4)	142
Слика 6-33 Средња вредност амонијака	143
Слика 6-34 Средња вредност нитрата	144
Слика 6-35 Средња вредност нитрита	145

Слика 6-36 Средња вредност гвожђа.....	146
Слика 6-37 Средња вредност мангана.....	147
Слика 6-38 Средња рН вредност воде.....	148
Слика 6-39 Средња вредност боје воде.....	149
Слика 6-40 Средња вредност алуминијума	150
Слика 6-41 Средња вредност мутноће воде.....	152
Слика 6-42 Средња вредност ХПК (KMnO ₄).....	152
Слика 6-43 Средња вредност нитрата	153
Слика 6-44 Средња вредност нитрита.....	154
Слика 6-45 Средња вредност БПК ₅	154
Слика 6-46 Средња вредност мутноће воде.....	156
Слика 6-47 Средња вредност ХПК (KMnO ₄).....	157
Слика 6-48 Средња вредност нитрата	158
Слика 6-49 Средња вредност нитрита.....	158
Слика 6-50 Средња вредност гвожђа.....	159
Слика 6-51 Средња вредност мангана.....	159
Слика 6-52 Средња вредност боје воде.....	160
Слика 6-53 Утицај протицаја на мутноћу воде	164
Слика 6-54 Утицај протицаја на ХПК (KMnO ₄).....	165
Слика 6-55 Утицај протицаја на концентрацију амонијака	166
Слика 6-56 Утицај протицаја на концентрацију нитрата	167
Слика 6-57 Утицај протицаја на концентрацију нитрита.....	168
Слика 6-58 Утицај протицаја на концентрацију гвожђа	169
Слика 6-59 Утицај протицаја на концентрацију мангана.....	170
Слика 6-60 Утицај протицаја на рН вредност воде.....	171
Слика 6-61 Утицај протицаја на БПК ₅	172
Слика 6-62 Утицај протицаја на мутноћу воде	173
Слика 6-63 Утицај протицаја на ХПК (KMnO ₄).....	174
Слика 6-64 Утицај протицаја на концентрацију амонијака	175
Слика 6-65 Утицај протицаја на концентрацију нитрата	176
Слика 6-66 Утицај протицаја на концентрацију нитрита.....	177
Слика 6-67 Утицај протицаја на концентрацију гвожђа	178
Слика 6-68 Утицај протицаја на концентрацију мангана.....	179
Слика 6-69 Утицај протицаја на рН вредност воде.....	180
Слика 6-70 Утицај протицаја на концентрацију алуминијума.....	181
Слика 6-71 Дијаграм прелома	191
Слика 6-72 Скри плот	194
Слика 6-73 Инфографик апликације	198
Слика 6-74 Унапређени систем за праћење квалитета површинских вода	200

СПИСАК ТАБЕЛА

Табела 2-1 Функције, добара и услуге конкретних природних и водно-повезаних екосистема.....	20
Табела 3-1 Дефинисане класе квалитета и оцена параметара еколошког статуса сирове воде за мерно место Ниш у односу на граничне вредности дате Уредбом и Правилником	45
Табела 3-2 Дефинисане класе квалитета и оцена параметара еколошког статуса сирове воде за мерно место Свође у односу на граничне вредности дате Уредбом и Правилником	46
Табела 6-1 Преглед послова у ЈКП „Naissus“ Ниш са ознакама.....	82
Табела 6-2 Приказ функцијске повезаности послова са процесним функцијама.....	83
Табела 6-3 Теоријски нивои послова по процесним функцијама.....	85
Табела 6-4 Оцене послова по процесним функцијама	86
Табела 6-5 Стварни нивои послова	87
Табела 6-6 Просечне оцене послова	88
Табела 6-7 Оцене процесних функција	89
Табела 6-8 Рангирање процесних функција	89
Табела 6-9 Рангирање послова.....	90
Табела 6-10 Преглед послова у ЈКП „Водовод“ Власотинце са ознакама.....	92
Табела 6-11 Приказ функцијске повезаности послова са процесним функцијама.....	93
Табела 6-12 Теоријски нивои послова по процесним функцијама.....	94
Табела 6-13 Оцене послова по процесним функцијама	95
Табела 6-14 Стварни нивои послова	96
Табела 6-15 Просечна оцена послова	96
Табела 6-16 Оцене процесних функција	97
Табела 6-17 Рангирање процесних функција	98
Табела 6-18 Рангирање послова.....	98
Табела 6-19 Дескриптивна статистика протицаја и параметара квалитета сирове површинске воде на мерним местима Ниш и Свође	107
Табела 6-20 Повезаност мутноће воде са утрошком KMnO_4 и BPK_5 за мерно место Ниш	116
Табела 6-21 Дескриптивна статистика протицаја и показатеља квалитета сирове површинске воде за мерно место Ниш према подацима без екстремних вредности запреминских протицаја	125
Табела 6-22 Дескриптивна статистика протицаја и параметара квалитета сирове воде за мерно место Свође према подацима без екстремних вредности.....	128
Табела 6-23 Разлике у квалитету сирове воде у зависности од протицаја воде на изворишту „Медијана“ рачунате са и без екстремних хидролошких појава	133
Табела 6-24 Разлике у квалитету сирове воде у зависности од интензитета протицаја воде за мерно место Свође	140
Табела 6-25 Разлике у вредностима параметара квалитета сирове воде у зависности од интензитета запреминског протицаја воде у односу на посматране месеце за мерно место Ниш.....	151
Табела 6-26 Разлике у вредностима параметара квалитета сирове воде у зависности од интензитета запреминског протицаја воде у односу на посматране месеце за мерно место Свође.....	156
Табела 6-27 Разлике између Ниша и Власотинца у месецима са малим протицајем воде	161

Табела 6-28 Разлике између Ниша и Власотинца у месецима са просечним протицајем воде	161
Табела 6-29 Разлике између Ниша и Власотинца у месецима са великим протицајем воде	162
Табела 6-30 Анализа кластера за Ниш	182
Табела 6-31 Анализа кластера за Свође	183
Табела 6-32 Анализа кластера за локацију Ниш	183
Табела 6-33 Разлике кластера по показатељима квалитета сирове површинске воде за мерно место Ниш	184
Табела 6-34 Анализа кластера за Свође	186
Табела 6-35 Разлике кластера по показатељима квалитета сирове површинске воде за мерно место Свође	187
Табела 6-36 Матрице коефицијената корелације	189
Табела 6-37 Укупна објашњена варијанса	190
Табела 6-38 Матрица ротираних компоненти	191
Табела 6-39 Утицај заједничког фактора на варијансу мера квалитета сирове површинске воде	192
Табела 6-40 Дескриптивна статистика латентних варијабли	192
Табела 6-41 Матрице коефицијента корелације	193
Табела 6-42 Укупна објашњена варијанса	193
Табела 6-43 Матрица ротираних компоненти	194
Табела 6-44 Процентуални утицај заједничког фактора на варијансу мера квалитета сирове површинске воде	195
Табела 6-45 Дескриптивна статистика латентних варијабли	195

1 УВОД

1.1 Проблема научног истраживања

У последњој деценији, све чешће се истиче значај хидролошко-еколошких интеракција у контексту животне средине и друштва. Релевантна научно-стручна литература и извештаји међународних институција недвосмислено указују на значај утицаја екстремних хидролошких појава, као што су обилне падавине и суше, на социоекономске и еколошке аспекте. У том контексту, ове појаве представљају један од најтежих изазова са којима се човечанство суочава (Field и остали, 2012; OECD, 2023; WMO, 2023b). Значај ове проблематике потврђује и чињеница да су Уједињене нације (УН) септембра 2015. године, кроз Агенду 2030, усвојиле седамнаест стратешких циљева одрживог развоја. Неки од ових циљева су директно повезани са еколошко-антропогеним ризицима, што додатно потврђује комплексност овог проблема. С тим у вези, неопходно је даље проучавање ове области ради доношења ефикаснијих управљачких одлука и одрживих решења.

Услед евидентног утицаја глобалних климатских механизма на хидролошке екстреме, очекују се све чешће појаве попут (Dragoni & Sukhija, 2008; Easterling и остали, 2000; Manfreda и остали, 2018):

- пораста и учесталости екстремно високих падавина,
- јаких олуја,
- поплава,
- суша и
- других хидролошко-метеоролошких екстрема.

Ове појаве ће утицати како на животну средину, тако и на могућност задовољавања потреба друштва. Очекиване екстремне промене у интензитету, фреквенцији и трајању хидролошких циклуса су детаљно проучаване у оквиру реномираних модела глобалних климатских промена (IPCC, 2021). Тренутни подаци указују на то да се неравномерна расподела количина падавина на глобалном нивоу у одређеним периодима током последњих година повећава (Dore, 2005; Lau и остали, 2013; Thackeray и остали, 2022). У раздобљу од 1970. закључно са 2019. годином, у Европи је забележено преко 1672 природних опасности које су биле уско везане за екстремне хидролошко-метеоролошке појаве (WMO, 2021).

Ефекти екстремних хидролошких појава на територији Републике Србије манифестују се кроз појаве као што су: обилне падавине, поплаве, суше, топлотни таласи и екстремно ниске температуре. Према последњим подацима Републичког

хидрометеоролошког завода (РХМЗ), велике поплаве су се догодиле 1980, 1981, 1988, 1999, 2002, 2005, 2006, 2009, 2014 и 2016. године (РХМЗ, 2022; Radivojević и остали, 2022). Када је реч о сушама, најзначајније године, које су имале негативан утицај како на водопривреду, тако и на пољопривреду, укључују 2000, 2003, 2007, 2011, 2012, 2013, 2015, 2017. и 2021. годину, док су 2018. и 2019. година проглашене за најтоплијим, укључујући мерења од 1951. године (РХМЗ, 2022). Поред великог броја угрожених, па чак и изгубљених људских живота у Републици Србији у периоду од 2000. до 2015. године, процењена је и материјална штета од екстремних временских услова која је била већа од 5 милијарди евра. Током 2014. године, која је уједно једна од најкишовитијих година, процењена штета од поплава је износила 1,6 милијарди евра (Radivojević и остали, 2022). Суше и високе температуре биле су узрок за више од 70% материјалних губитака, док су поплаве представљале други главни узрок (РХМЗ, 2022).

Растућа економска, еколошка и друштвена важност водних ресурса истиче неопходност за имплементацијом одрживих стратегија њиховог управљања, као и заштите екосистемских услуга које ови ресурси пружају. У контексту мониторинга површинских вода, као што су реке, језера и акумулације, које се користе као сирови вода за добијање финалне воде за водоснабдевање, изучавање утицаја екстремних хидролошких појава, попут обилних падавина и суша, на екосистемске услуге је од изузетне важности. Екосистемске услуге, као што су филтрирање воде, задржавање влаге и регулација климе, су компоненте екосистема које имају карактер ресурса и подржавају одрживи развој друштвених заједница, укључујући њихово економско благостање, здравље и сигурност (Suich и остали, 2015). У научној заједници постоји став да се одређеним екосистемским услугама може управљати на дугорочном нивоу само кроз холистички приступ на нивоу речног слива. Овај став рефлектује чињеницу да су копнени екосистеми, попут шума, ливада и мочвара, уско повезани са водним ресурсима, укључујући површинске и подземне воде, као и њихове просторне и временске динамике (Haddeland и остали, 2014; Scanlon и остали, 2007; Taylor и остали, 2013). Стога је од суштинске важности истражити управљање водним ресурсима на нивоу речних сливова, посебно приликом екстремних хидролошких појава, у циљу бољег разумевања ове комплексне теме, унапређења управљања екосистемским услугама и повећања њихове отпорности на климатске промене.

Екосистемске услуге се дефинишу као непроценљиви доприноси природе, односно разноврсне нематеријалне и материјалне користи, као што су чиста вода, ваздух, храна, лековито биље, енергија, као и рекреација и туризам, које људи

свакодневно употребљавају (Раткнић, 2022; МЕА, 2005; Neugarten и остали, 2018). Ови бенефити обухватају различите користи које људи добијају из екосистема, и то како директно, као што је коришћење чисте воде за пиће, тако и индиректно, као на пример регулација климе и заштита од поплава, што доприноси општем благостању човечанства, укључујући његово здравље, економски развој и сигурност. Економски посматрано, ове услуге представљају допринос природног окружења који генерише добра и услуге које људи цене и користе (Раткнић, 2022; Neugarten и остали, 2018). У оквиру економске парадигме, чиста вода за пиће може се категорисати као економска вредност због новчане накнаде коју људи врше за њену употребу (Costanza и остали, 2014). Потреба за развојем одрживијег приступа управљању водним ресурсима и заштити екосистемских услуга у којима се ови ресурси налазе постала је све важнија, јер неодрживо управљање може довести до њихове деградације, што би имало озбиљне последице за људско благостање, као и животну средину (Martin-Ortega и остали, 2015). Ово назначава да је један од највећих изазова 21. века, са којима се сусрећу како научне заједнице, тако и руководеће структуре и организације, управљање примарним екосистемским услугама, пре свега водним ресурсима, што изискује мултидисциплинарно разумевање утицаја екстремних хидролошких појава на дистрибуцију, квалитет и кретање вода, као и спровођење мера прилагођавања новонасталим изазовима. Екосистемске услуге, од изузетног значаја за људско друштво, представљају слободно доступне услуге које људи добијају из екосистема. Укључујући и квалитативне функције природних добара, ове користи се могу категорисати на следећи начин (European Commission, 2015):

- Услуге снабдевања (водоснабдевање, снабдевање храном, биохемијски продукти и генетички ресурси);
- Регулационе услуге (утицај на хидролошке процесе и климу, пречишћавање вода и третман отпада, регулација ерозије и сл.);
- Подржавајуће услуге (процеси кружења материје, формирање и одржавање земљишта и др.) и
- услуге од културног значаја (духовни и естетски доживљај предела/простора, рекреација, туризам и едукација).

Категоризација екосистемских услуга на овај начин, омогућава њихово јасније разумевање, процену и одрживије управљање. На сличан начин, природни ресурси који доприносе обављању различитих функција у Републици Србији, се према *Националној*

стратегији одрживог коришћења природних ресурса и добара, могу поделити на (BPC, 2012):

- Функцију извора – производне услуге које се односе на економске функције обезбеђивања природних ресурса и простора за производњу и потрошњу, као што су водни ресурси;
- Функцију примаоца – услуге одлагања које се односе на функције природног окружења, попут реципијента за отпадне воде и друге загађујуће супстанце;
- Функцију кружења – светски процес циркулације материје и регенерација биомасе, сличан хидролошком циклусу кружења воде;
- Функцију информисања – развијање модела и прототипа техничких система, као и генетских фондова;
- Функцију рекреације – производи или услуге које су предвиђене за физиолошке, спиритуалне, уметничке и друге сличне потребе људског друштва.

На основу анализе изнетих података и смерница, дефинисан је истраживачки проблем у оквиру ове докторске дисертације, што уједно пружа основу за наредно поглавље, у коме је детаљно разматран предмет истраживања, са посебним фокусом на његове кључне аспекте.

1.2 Предмет научног истраживања

Управљање водним ресурсима, укључујући и управљање системима за третман сирове површинске воде која се користи за јавно водоснабдевање, представља комплексну област савременог друштва. Ова комплексност захтева развој и примену одговарајућих алата за моделирање који омогућавају ефикасно доношење благовремених одлука. Тренутни модели управљања водним ресурсима широм света показују значајне варијације у приступу и могу се значајно разликовати по регионима (Martin-Ortega и остали, 2015; Mazzoleni и остали, 2021; Mosleh & Negahban-Azar, 2021).

Растућа сложеност управљања водним ресурсима, је утицала на развој нових парадигми у овој области. У том контексту, концепт интегрисаног управљања водама је еволуирао као иновативан приступ заснован на холистичком оквиру. Такав приступ интегрише физичке, друштвене, економске и еколошке аспекте, као што су утврдили водећи стручњаци и међународне организације (GWP, 2009, 2000; UN, 2018). У оквиру

циљева одрживог развоја, УН су, између осталих циљева, дефинисале и циљ одрживог развоја 6 (енг. *Sustainable Development Goal – SDG*) са планом реализације до 2030. године, који се фокусира на примену интегрисаног управљања водним ресурсима на свим нивоима, укључујући прекограничне сливове када је то неопходно. Ипак, остваривање циља 6, у току периода израде ове докторске дисертације, још увек није донело очекиване резултате. Према проценама УН-а, само 20% земаља, углавном развијених, остварује високе или врло високе нивое интеграције у управљању водама (UN, 2018). Ограничена примена интегрисаног управљања водним ресурсима указује на потребу за даљим напорима у његовом ширењу и имплементацији.

Наиме, истраживања у области управљања водним ресурсима нужно обухватају велики број различитих варијабли, од хидролошких и еколошких, до друштвених, економских, правних и институционалних. У оквиру анализираних истраживања, уочена је интензивна примена различитих нумеричких модела који имају циљ да карактеришу и максимизирају жељене ефекте, односно минимизирају нежељене последице (Badham и остали, 2019; Friedman и остали, 1984; Loucks, 2008; Saravanan и остали, 2019). Међутим, важно је нагласити да су модели апстракције реалних система. Стога, прогнозе о функционисању реалног система под различитим дизајном и начином управљања често су контроверзне и инхерентно неизвесне, јер захтевају претпоставке о будућим догађајима и условима који су непредвидиви. Укратко, моделирање је неопходна компонента, у процесу доношења одлука, али не и једина. Доносиоци одлука се користе и другим информација, а модели им помажу да боље разумеју комплексне проблеме и да процене последице различитих опција (Loucks, 2008).

У оквиру академских истраживања, посебна пажња је посвећена потенцијалним негативним утицајима на управљање површинским водним ресурсима, који се користе као сирови вода за јавно водоснабдевање, као једној од најважнијих екосистемских услуга (Friedman и остали, 1984; Mosleh & Negahban-Azar, 2021; Simonovic & Fahmy, 1999). Иако су екстремне хидролошке појаве предмет бројних научних истраживања, још увек постоји значајан недостатак информација о њиховом утицају на квалитет површинских вода које служе као извор сирове воде за добијање финалне воде за водоснабдевање. Из споменутих разлога, неопходно је интензивирати истраживања о утицају екстремних хидролошких појава на квалитет површинских вода и извршити детаљну анализу просторних и временских димензија ових утицаја.

На основу представљених информација, предмет реализованог истраживања је развој модела одрживог управљања водним ресурсима приликом екстремних

хидролошких појава. Истраживање је обухватило утицај екстремних хидролошких појава на ове ресурсе, са фокусом на дефинисање фактора ризика који могу утицати на квалитет сирове површинске воде која се користи за добијање финалне воде за водоснабдевање, идентификацију ових фактора, као и карактеризацију њиховог утицаја на одабране параметре квалитета сирове површинске воде која се користи у систему јавног водоснабдевања. Тежиште истраживања за посматрани период од пет година, од јануара 2014. године до децембра 2018. године, било је усмерено ка узрочно – последичној анализи утицаја промене протицаја воде на одабраним параметрима квалитета површинских вода на нивоу водозавода сирове воде, на примерима изворишта два јавна комунална предузећа, и то:

- За јавно комунално предузеће (ЈКП) „Naissus“ из Ниша анализирано је девет параметара квалитета сирове воде;
- За ЈКП „Водовод“ из Власотинца анализирано је десет параметара квалитета сирове воде.

Резултати истраживања искоришћени су за развој савременог и одрживог модела управљања водним ресурсима, који обухвата компоненту за предвиђање потенцијалних промена у квалитету и доступности сирове воде која се користи за јавно водоснабдевање. Ова компонента доприноси избору одговарајуће технологије за прераду воде за пиће и омогућава правовремену реакцију на екстремне хидролошке догађаје. Предиктивна компонента модела игра кључну улогу у обезбеђивању безбедности и одрживости ових екосистемских услуга током периода екстремних хидролошких појава.

Потребно је имати у виду да је у време реализације истраживања постојала потреба за усклађивањем анализе у складу са доступним подацима који су коришћени за карактеризацију утицаја екстремних хидролошких појава на одабраним сливним подручјима. Овај аспект је од посебног значаја, с обзиром на то да подаци о квалитету сирове воде која улази у систем јавног водоснабдевања најчешће нису јавно доступни. У оквиру овог истраживања коришћени су подаци из интерних извештаја ЈКП „Водовод“ Власотинце и ЈКП „Naissus“ Ниш, као и хидролошки подаци о запреминским протицајима из хидролошких годишњака РХМЗ-а.

1.3 Циљеви научног истраживања

Полазећи од предмета истраживања, основни циљ ове докторске дисертације је развој савременог и одрживог модела управљања водним ресурсима који сагледава утицаје екстремних хидролошких појава, првенствено на квалитет сирове површинске воде која се користи у систему јавног водоснабдевања. Поред тога, шире посматрано, истраживање укључује испитивање промена параметара квалитета сирове површинске вода као могућег индикатора утицаја екстремних хидролошких појава на услуге снабдевања водом. Посебни циљеви истраживања су:

- Идентификација и анализа проблема са којима су суочени мали и велики системи водоснабдевања приликом екстремних хидролошких појава;
- Моделирање функција - утицаја на дневном, месечном и годишњем нивоу, односно у периоду малих, просечних и великих вода;
- Анализа карактеристичних екстремних хидролошких појава и њиховог утицаја на параметре квалитета површинских вода и запреминског протицаја у анализираним сливним подручјима, пре свега у домену квалитета речне сирове воде која се користи за производњу воде за пиће, обзиром да је учесталост ових појава у последњих неколико година знатно повећана;
- Систематизација фактора ризика и дефинисање модела мониторинга, оцене и извештавања;
- Унапређење организационе ефикасности у функционисању постојећег система управљања водним ресурсима;
- Предлагање и дефинисање могућности израде мултимедијалне апликације која омогућава илустрацију резултата мониторинга екстремних хидролошких појава и њиховог утицаја на промене квалитета и доступности сирове површинске воде.

Ови циљеви омогућавају боље разумевање интеракције између екстремних хидролошких појава и управљања водним ресурсима, што доприноси усмереном и ефикасном одговору на изазове које ови догађаји представљају за снабдевање водом за пиће.

1.4 Хипотезе истраживања

Основна хипотеза предложеног истраживања је да екстремне хидролошке појаве имају потенцијал да утичу на функције примарних екосистемских услуга, односно на квалитет сирових површинских вода које служе за добијање финалне воде за пиће. Ове промене могу бити од изузетног значаја јер могу утицати на квалитет и квантитет воде за пиће, као и на социо-економске аспекте.

Како је сам проблем и предмет истраживања комплексан, дефинисане су четири посебне хипотезе:

- Применом одговарајуће методе синтезе доступних података, могуће је извршити прецизну идентификацију и квантификацију утицајних детерминанти, као и формирање предиктивних модела;
- Интензитет екстремних хидролошких појава, као и карактеризација рељефа сливног подручја, утичу значајно на промене протицаја и квалитет сирових површинских вода које се користе за добијање финалне воде за пиће;
- Екстремне хидролошке појаве могу значајно утицати на управљање технолошким процесима прераде воде за пиће, што може довести до потребе за адаптацијом и оптимизацијом технологија како би се одржала ефикасност и безбедност водоснабдевања;
- Екстремне хидролошке појаве утичу на вероватноћу испоруке добара, односно пружање услуга крајњим корисницима.

1.5 Примењене научне методе

На основу дефинисаног предмета научног истраживања, а ради реализације циљева истраживања, примењене су опште и посебне научне методе, како би се објективно и систематски истражили аспекти управљања водним ресурсима у ситуацијама екстремних хидролошких појава и њиховог утицаја на квалитет и запремински протицај сирове површинске воде. Од општих научних метода, системска анализа компоненти водног режима и повезаних екосистемских процеса искоришћена је за дефинисање основе за моделирање утицаја екстремних хидролошких појава на водне ресурсе, односно сирову воду која се, након одговарајућег третмана, користи за водоснабдевање насеља. Применом ове методе приказане су различите технике и

методе анализа које припадају техничким, информатичким, економским и друштвено-хуманистичким областима, а које помажу у решавању изазова, анализи алтернатива и валоризацији одлука при управљању водним ресурсима, што је детаљније и приказано у шестом поглављу. Такође, применом метода анализе и синтезе, детаљно су анализирани сакупљени подаци, разматрани односи међу различитим факторима који утичу на управљање водним ресурсима, и синтетисане добијене информације у циљу извођења закључака и препорука за боље управљање водним ресурсима у условима екстремних хидролошких појава.

Од посебних метода коришћене су следеће: дескриптивна статистика, једнофакторска анализа варијансе (енг. *Analysis of Variance* - ANOVA), корелациона анализа трендова, анализа кластера, линеарна регресија и експлоративна факторска анализа (енг. *Principal Components Analysis* - PCA) са *Varimax* ротацијом. Ове методе су коришћене за карактеризацију, квантификацију и визуелизацију утицаја екстремних хидролошких појава на квалитет сирове воде.

У првом делу истраживања реализована је анализа прикупљених података који се односе на постојећа искуства у управљању водним ресурсима. Ова фаза је подразумевала преглед и анализу релевантне литературе и систематизацију претходних искустава. За идентификацију, систематизацију и одређивање приоритета извршења функција у систему управљања примарним екосистемским услугама, конкретно у систему јавног водоснабдевања, коришћена је метода процесних функција у комбинацији са методама рангирања помоћу којих је добијена средња вредност оценова послова и идентификовање оних процесних функција које захтевају одређена унапређења. У другом делу истраживања, ради процене утицаја и евалуације ризика од екстремних хидролошких појава на нивоу одабраног сливног подручја, односно процене нивоа извесности, као посебна метода истраживања, примењена је метода регресионе анализе, помоћу које је квантификована зависност одабраних параметара квалитета сирове воде у односу на запреминске протицаје. У трећем делу истраживања извршено је моделирање утицаја екстремних хидролошких појава за ЈКП „Naissus“ на девет и ЈКП „Водовод“ на десет репрезентативних параметара квалитета сирове воде, за петогодишњи анализирани период (јануар 2014. године – децембар 2018. године), применом одговарајућих статистичких програма, конкретно *R 4.0.4* и *SPSS* (енг. *Statistical Package for the Social Sciences*). Наведени програми коришћени су за анализу и карактеризацију зависности одабраних параметара квалитета сирове воде, која се користи за добијање воде за пиће са променама запреминог протицаја воде, насталих

услед екстремних хидролошких појава, а који се јављају приликом обављања функције захватања сирове воде, за одабрано сливно подручје које обухвата слив Јужне Мораве низводно од Грделичке клисуре. На овом подручју налазе се водозахвати на којима се прати квалитет сирове воде, и подаци са ових захвата, добијени од ЈКП „Водовод“ Власотинце и ЈКП „Naissus“ Ниш, употребљени су као основа за анализу.

Одабрани истраживачки метод подразумевао је и проучавање постојећих организационих поступака и приступа, као и анализу доступне научно-стручне литературе која се бави овом проблематиком, као и индиректно анализирање учинка организација – јавних комуналних предузећа, која се јављају као непосредни спроводиоци политике одрживог управљања водним ресурсима у контексту јавног водоснабдевања.

Изворе података за уводни део истраживања представљала је савремена научно-стручна литература, међународна и домаћа легислатива, као и пракса тј. свакодневни рад и искуства водопривредних предузећа. Од компетентних институција у области управљања примарним екосистемским услугама, односно система водоснабдевања, коришћена су искуства и интерни извештаји наведених ЈКП-а. Значајан обим информација и података је прикупљен анализом научних публикација, извештаја ресорних министарства, извештаја о раду организација, као и студија различитих професионалних удружења и асоцијација.

1.6 Научна заснованост и допринос истраживања

Предложена тема докторске дисертације, са фокусом на дефинисане циљеве, хипотезе и методе истраживања, утемељена је на научној основи, узимајући у обзир растући интерес у светској научној заједници за истраживање утицаја екстремних хидролошких појава на водопривредне системе (Cadro и остали, 2023; Dore, 2005; European Environment Agency., 2017; Field и остали, 2012). Међутим, у домаћој научној заједници, ова област је још увек недовољно заступљена, како у теоријском, тако и у практичном аспекту.

Примарни резултати истраживања омогућавају креирање модела за подршку одлучивању приликом управљања примарним екосистемским услугама, односно површинским водним ресурсима који су изложени екстремним хидролошким појавама. Поред тога, добијени резултати истраживања укључују и груписане факторе ризика у

малим и великим системима водоснабдевања, као и концизну просторно-временску анализу детерминанти хидролошких екстрема. Уз то, систематизацијом доступних података је омогућено и благовремено информисање корисника екосистемских услуга о потенцијалним ризицима који се јављају у току екстремних хидролошких појава, односно са поузданошћу извршења функције снабдевања. Додатним анализирањем хидролошких података који утичу на концепт управљања примарним екосистемским услугама, развијен је унапређен модел одрживог коришћења сирове воде. Овај модел служи као подршка континуалном, квалитативном и квантитативном мониторингу улазних компоненти система јавног водоснабдевања на одабраном сливном подручју.

Друштвена оправданост предложеног истраживања, огледа се у правовременом информисању свих заинтересованих страна о потенцијалним ризицима и утицајима екстремних хидролошких појава на функцију система водоснабдевања. Такве информације значајно доприносе управљању ризицима и побољшању квалитета живота како у градовима, тако и у мањим срединама. Такође, развијени модел може наћи примену и у другим регионима сличног хидролошког, климатског, геолошког и инфраструктурног карактера, што значи да резултати истраживања имају потенцијал широке примене и значаја у друштву. Истраживање доприноси бољем разумевању комплексних интеракција између екстремних хидролошких појава и параметара квалитета сирове површинске воде, постављајући основе за будућа истраживања и информисање о одрживим управљачким праксама у одржавању и заштити водних екосистема, као и развој одговарајућих стратегија управљања за одржавање оптималног квалитета и квантитета сирове воде која се користи за водоснабдевање корисника.

1.7 Структура докторске дисертације

У складу са предметом, циљевима и постављеним хипотезама, докторска дисертација се састоји од:

- Уводног дела;
- Радних поглавља (анализе одрживог управљања водним ресурсима и екстремних хидролошких појава; описа регулаторних детерминанти система управљања водним ресурсима; описа и карактеристике посматраног сливног подручја одабраних изворишта; развоја и примене модела одрживог управљања водним ресурсима у условима екстремних хидролошких појава);

- Закључних разматрања;
- Списка коришћене литературе и
- Прилога.

Уводни део докторске дисертације обухвата детаљан опис проблематике коју истраживање адресира, предмет и значај истраживања, формулисање циљева, хипотеза и метода истраживања, као и научни допринос.

У другом поглављу је пружена детаљнија теоријска и садржајна анализа одрживог управљања водним ресурсима и екстремних хидролошких појава, са фокусом на разматрање доступности водних ресурса и њиховог одрживог управљања. Такође је изложен кратак осврт на Агенду 2030, односно Глобални циљ одрживог развоја број 6, који се бави водним ресурсима. Детаљније је разматрана дефиниција екстремних хидролошких појава, укључујући промене у климатским условима и њихов утицај на водне ресурсе.

Треће поглавље се фокусира на регулаторне детерминанте у систему управљања водним ресурсима. У овом поглављу, истакнут је правни оквир за заштиту водних ресурса у различитим земљама, представљајући укратко њихове регулативне аспекте. Додатно, приказан је преглед надлежности у водопривреди у Републици Србији, анализирајући органе и институције укључене у управљање водама. Део поглавља је посвећен и законском оквиру у сектору вода у Републици Србији, истичући нормативне основе и њихову релевантност. Кроз описивање процеса усклађивања домаћег законодавства са Оквирном директивом о водама Европске уније, представљен је значај хармонизације унутар европског контекста и наглашени су изазови и кораци који се примењују у Републици Србији, како би се омогућила доследна примена овог европског стандарда.

Четврто поглавље дисертације анализира водоснабдевање насељених места кроз различите аспекте, укључујући водне ресурсе, инфраструктуру, квалитет сирове воде и друге факторе. Потпоглавља укључују детаљан опис водних ресурса коришћених за водоснабдевање насеља, дат је и кратак преглед водопривредне основе у Републици Србији, представљени су водоводни системи два јавна комунална предузећа: ЈКП „Naissus“ за мерно место Ниш и ЈКП „Водовод“ за мерно место Свође.

Пето поглавље обрађује детаљније карактеристике и особине сливног подручја Јужне Мораве низводно од Грделичке клисуре чије су главне притоке Нишава и Власина, са посебним фокусом на изворишта „Медијана“ у оквиру ЈКП „Naissus“ Ниш и „Власина“ за ЈКП „Водовод“ Власотинце. Сливно подручје Јужне Мораве, као и

посматрана изворишта „Власина“ у Власотинцу и „Медијана“ у Нишу, у овом делу анализе обухватају широк спектар географских, хидролошких и еколошких аспеката који утичу на карактеристике и стабилност овог речног система. Обележја сливног подручја, укључујући топографске карактеристике, климатске услове, геолошки састав тла и разноврсну речну мрежу, проучавају се ради бољег разумевања динамике и хидролошког режима Јужне Мораве у овом делу њеног тока, што може бити од одлучујућег значаја за одрживо управљање и оптимизацију водоснабдевања у насељеним местима.

Шесто поглавље разматра примену модела одрживог управљања водним ресурсима у условима екстремних хидролошких појава. Путем метода доказивања утицаја и моделовања, извршена је анализа примене и резултата методе процесних функција за оцену организационих перформанси постројења за прераду воде у ЈКП „Naissus“ за мерно место Ниш и ЈКП „Водовод“ за мерно место Свође. Извршена је и статистичка анализа параметара квалитета сирове воде на извориштима водоснабдевања „Медијана“ и „Власина“ за период од јануара 2014. до децембра 2018. године, укључујући дескриптивну статистику протицаја и параметара квалитета сирове воде која је намењена производњи воде за пиће. Промене у квалитету сирове површинске воде у односу на различите протицаје, укључујући и екстремне вредности, утврђене су помоћу примењене дескриптивне статистике. Додатно, корелационе анализе трендова промена квалитета сирове површинске воде у односу на варијације у запреминском протицају, заједно са кластер и РСА анализом, примењене су ради квантификације њихове међусобне повезаности. Овај приступ пружа могућност за практичну примену у квалитативној и квантитативној анализи квалитета сирове воде. Поред тога, у оквиру шестог поглавља, представљен је и концепт мултимедијалне апликације за мониторинг водних ресурса, који доприноси ефикаснијем праћењу и одрживом управљању овим важним компонентама екосистема.

У закључном, седмом поглављу, дати су коментари који су од интереса за резултате истраживања, као и сугестије за будућа истраживања у тематској области. Након закључних разматрања, у дисертацији је наведен попис коришћене литературе, биографија аутора и прилози са подацима који су коришћени током припреме и израде дисертације.

2 ТЕРМИНОЛОШКА И САДРЖАЈНА АНАЛИЗА ОДРЖИВОГ УПРАВЉАЊА ВОДНИМ РЕСУРСИМА И ЕКСТРЕМНИХ ХИДРОЛОШКИХ ПОЈАВА

2.1 Доступност водних ресурса

Колико су водни ресурси важни за глобални опстанак и развој, потврђују бројни митолошки, религијски (хришћанство, ислам, хиндуизам и јудизам), филозофски и историјски записи (Hassan, 2011). Тако је још у античко доба, грчки филозоф Емпедокле воду представљао као основни елемент поред земље, ваздуха и ватре, док је Талес тврдио да без воде не постоји могућност настанка живота, хране и топлоте (Бајраћ и остали, 2017). Вода и данас, услед глобализације, убрзане индустријализације, евидентних климатских промена, представља веома важан ресурс за пољопривреду, индустрију, као и за јавно здравље и добробит друштвених заједница (AGI, 2014).

Како екосистеми и привреде зависе од водних ресурса, промене у доступности воде могу бити врло осетљиве. Када је реч о копненим екосистемима, могу се приметити три кључна хидролошка феномена (Prohaska, 2003):

- падавине (преципитација),
- испаравање (евапорација) и
- отицај.

Падавине, односно преципитација, представљају количину воде која се спушта на земљу у облику кише, снега или других облика атмосферске кондензације. Испаравање, односно евапорација, односи се на процес у којем вода прелази из течног стања у гасовито стање и као таква се враћа у атмосферу. Отицај воде односи се на кретање воде са копна ка сливним подручјима, речним токовима, језерима или океанима путем површинског отицања, подземног протицања или других хидролошких путева (Стојановић и остали, 2021). Ове три појаве међусобно су повезане и чине витални део хидролошког циклуса, који је од суштинског значаја за доступност и одржавање равнотеже водних ресурса на копну. Постоји дубока међусобна веза између хидролошких циклуса, толико да промена у начину коришћења земљишта у једној земљи може имати утицај на падавине и хидролошке процесе који се одвијају изван њених граница (SWARM, 2020). Глобално присутна тенденција складиштења, преусмеравања вишка воде или обезбеђивања воде у периодима недостатка, остварује се путем метода као што су наводњавање, дренажа, црпљење подземних вода, задржавање воде, изградња насипа и пренос воде између различитих сливова. Због оваквих интервенција, као и утицаја климатских промена, светски хидролошки циклус

се мења, што доводи до приметних и раширених промена у хидролошким режимима слатководних екосистема широм света (Carpenter и остали, 2011). Распрострањеност и доступност слатке воде неравномерно је распоређена у простору и времену. Падавине на копну формирају ресурсе површинских вода и представљају један од основних извора слатке воде. Ипак, расподела падавина на површини Земље је неравномерна, што доводи до постојања региона са изузетно високом, или веома ниском количином падавина. Ова неравномерност је приметна и током различитих годишњих доба. Количина падавина која доспева на Земљину површину значајно је условљена температуром и близином већих водених површина (Dalmacija и остали, 2009) Ова сложена интеракција између земљишта, хидролошких токова и падавина може створити регионалне, или чак глобалне ефекте који могу имати далекосежне последице на хидролошке системе и водне ресурсе (Dalmacija и остали, 2009; SWARM, 2020). Доступност воде може се проценити на основу хидролошких података о нивоима подземних вода и речним токовима на националном и локалном нивоу, као и информација о потрошњи воде (UNESCO, 2019).

Растућа глобална популација и економска промена ка ресурсно-интензивнијим обрасцима потрошње, значе да је глобална употреба питке воде, тачније повлачење слатке воде за пољопривреду, индустрију и комуналне сврхе, повећана готово шест пута од 1900. године. Стопа светске употребе слатке воде је нагло порасла од 1950. године, да би се од 2000. године наизглед стабилизовала, односно успорила (Ritchie & Roser, 2017). Иако водни ресурси заузимају око 73% Земљине површине (Стојановић и остали, 2021), посматрајући свеукупан проценат расподеле воде на Земљи, око 97% се налази у океанима, 2,15% је „заробљено“ у глечерима, а свега 0,65% представља вода која је доступна за људску употребу (Fisher, 2017).

Смањење доступности водних ресурса представља први и неизбежни утицај климатских промена (O'Connell, 2017; Versini и остали, 2016). Са друге стране, постоји све приметнија повећана потражња за водом у многим регионима света, која представља резултат раста људске популације, а самим тим и економске и технолошке експанзије (Caretta и остали, 2022). Процењује се да укупни водни ресурси на светском нивоу износе око $43.750 \text{ km}^3/\text{god}$, распоређени широм света према разноврсности климатских и геоморфолошких структура. На континенталном нивоу, Америка има највећи удео у укупним слатководним ресурсима света са 57,6%, затим следи Европа са 22,3%, Африка са 12% и Азија са 8,2%. У погледу водних ресурса по становнику на сваком континенту, Америка располаже са $24.000 \text{ m}^3/\text{god}$, Европа са $9.300 \text{ m}^3/\text{god}$,

Африка са 5.000 m³/god, док Азија има 3.400,1 m³/god (FAO, 2003). Како би се превазишла ова хетерогеност, активности везане за развој и одрживо управљање водним ресурсима настоје да воду учине доступном за све људске потребе у сваком тренутку.

У Републици Србији се у 2021. години, преко комуналних водоводних система захватила велика количина воде, укупно 687 милиона m³, од чега је 445 милиона m³ било преусмерено на потрошњу, што чини око 65% (МГСИ, 2022). Губици воде за посматрани период су и даље били упозоравајући, јер су износили 242 милиона m³, што је око 35% неприходоване воде (МГСИ, 2022). Стандардни индикатор за квантификацију обима губитака воде јесте познати термин „неприходована вода“ (енг. Non-Revenue Water – NRW). Овај термин обухвата све количине воде које нису обрачунате у рачунима за обрачун потрошње воде из различитих разлога, укључујући физичке и комерцијалне губитке, као и испоруку воде без накнаде (Bogdanović и остали, 2023).

Биланс вода из јавних водовода на територији Републике Србије у 2021. години према подацима Републичког завода за статистику (РЗС) и извештају о обављању комуналних делатности, указује да се приближно 74% воде, која је дистрибуирана за потрошњу, искористи у домаћинствима, индустријски сектор потроши за исти период 10%, док остали корисници искористе 16% дистрибуиране воде (МГСИ, 2022).

С обзиром на наведене неједнакости у распрострањености слатке воде, од изузетног је значаја прилагодити приступ водним ресурсима, тако да исти буде одржив и усмерен ка задовољавању свих потреба људи. Осим тога, потребно је разматрати и управљање екстремним хидролошким појавама, као и њихов утицај на квантитативни и квалитативни састав вода.

2.2 Одрживо управљање водним ресурсима

Историја управљања водним ресурсима представља такође и историју људске цивилизације и развоја. Од настанка људске врсте, суочавање са доступним или неприступачним водним ресурсима, представљало је суштину стратегије преживљавања и благостања. Људска домишљатост се исказивала кроз начине на које се вода набављала, транспортовала и користила за различите намене. Расподела,

квалитет, сезонска доступност и количина воде биле су кључне одреднице здравствених, егзистенцијалних потенцијала и настањивања (Hassan, 2011).

Вода представља неодвојив део начина живота и опстанка људи, те су све друштвене заједнице, градови и културе у великој мери обликоване употребом воде. Укупно 148 држава дели 276 међународних сливова, који чине 60% глобалног протицаја слатке воде. Слично томе, 300 аквиферских система има међународни аспект, а 2,5 милијарде људи широм света ослања се на подземне воде (World Bank, 2022). Глобални подаци показују да се готово 70% воде користи за пољопривреду, око 19% за индустрију, укључујући производњу енергије, и 11% за домаћинства (Aquastat, 2019). Поменути тренд вероватно ће се повећавати у наредним годинама, с обзиром на то да је добро познато да климатске промене, раст популације и економске активности стварају огроман притисак на водне ресурсе (Koffi, 2007). Осим тога, кратковидни економски и технички развојни избори често су доводили до уништавања водних и водно-повезаних екосистема са негативним последицама по водне ресурсе (UN Water, 2018). С друге стране, приступ чистој води се признаје као основно људско право (UN General Assembly, 2010). Да би се вода користила на одржив начин, неопходно је задовољити тренутне захтеве за водом, а истовремено не угрожавати способност будућих генерација да то исто чине, док се истовремено минимизирају еколошки ефекти катастрофалних временских догађаја изазваних климатским променама као што су поплаве и суше (Stanković & Petrović, 2023). Стога је од суштинског значаја очувати екосистеме повезане са водом, укључујући мочваре, шуме, планине, водоносне слојеве, реке и језера, с обзиром на то да пружају друштвене и економске користи људима. Погоршање стања ових екосистема директно утиче на доступност питке воде, заједно са другим кључним услугама као што су биолошка разноврсност, контрола поплава и производња хране (UN Water, 2018). Табела 2-1 приказује преглед главних функција, добара и услуга које се могу применити на конкретне природне и водно-повезане екосистеме и њихове укрштене еколошке структуре и процесе. Прва колона садржи функције, док друга наводи еколошке структуре и процесе који леже у основи ових функција, трећа колона представља детаљнији списак са примерима конкретних добара и услуга који произилазе из ових функција. Ова табела укључује само добра и услуге која се могу користити на одрживој основи (Groot и остали, 2002).

Табела 2-1 Функције, добара и услуге конкретних природних и водно-повезаних екосистема
(извор: Groot и остали, 2002)

Функције (Функције регулације)	Процеси и компоненте екосистема	Добро и услуге (примери)
Регулација воде	Улога земљишног покривача у регулисању протицаја и отицаја река	- Одводњавање и природно наводњавање; - Медијум за транспорт
Снабдевање водом	Филтрирање, задржавање и складиштење слатке воде (нпр. у водоносним слојевима)	- Обезбеђивање воде за потребе које укључују трошење (на пример, пиће, наводњавање и индустријску употребу)
Регулација климе	Утицај земљишта и посредованих процеса на климу	- Одржавање повољне климе (температуре, падавина, итд.), на пример, за људско насељавање, здравље, култивацију.
Спречавање поремећаја	Утицај структуре екосистема на ублажавање еколошких поремећаја	- Заштита од олуја; - Превенција поплава (нпр. мочваре и шуме)

Регулација воде, на пример, обухвата утицај природних система на регулацију хидролошких токова на површини земље. Ова функција се разликује од спречавања поремећаја због тога што се односи на одржавање „нормалних“ услова у воденим басенима, а не на спречавање екстремних догађаја (Stankovic & Vasovic, 2019).

Када се анализирају основни изазови са којима се суочава људско друштво, истичући пре свега производњу хране, воде, енергије и заштиту животне средине, постаје очигледно да решења за наведене међузависне изазове развоја људског друштва битно зависе од водних ресурса. То произилази из чињенице да производња хране и енергије директно зависе од доступности воде, а очување животне средине посебно зависи од заштите водних екосистема. Ова сазнања су допринела томе да вода постане кључан ресурс у 21. веку, што је 1992. препознато на Даблинској конференцији о развоју, као и у Агенди 21, где је успостављено да „одрживост постаје основни принцип свих развојних стратегија, посебно у домену управљања водним ресурсима“ (Agbaba и остали, 2014; Đukić, 2016).

Вредно је напоменути да се потрошња воде по становнику повећавала током времена. Обим воде који је потребан појединцу да задовољи све његове свакодневне животне и хигијенске потребе у одређеном периоду, назива се потрошњом воде по становнику. Управљање потрошњом воде одређује ниво економског развоја и лакоћу с којом се вода може добити (Stanković & Petrović, 2023).

Урбанизација такође има значајан утицај на промену хидролошког циклуса. Реке у урбаним срединама се значајно модификују у поређењу са рекама у аграрним и шумским сливовима (Walsh и остали, 2005). Реке у урбаним срединама често губе

активни хидрогеолошки контакт са остатком сливног подручја (Walsh и остали, 2005). У природним екосистемима, површинска вода је повезана са инундационом зоном и подземним водама, док је у рекама у урбаним срединама овај контакт ометен или уопште не постоји. Непропусни површински материјали спречавају инфилтрацију воде, услед чега кишница брзо отиче у систем кишне канализације. Скраћење времена тока повећава његов интензитет и величину поплавног таласа у сливу, чиме се повећава ризик од поплава и загађења воде. Ове измене имају далекосежне последице за урбане водне системе и треба их детаљно разматрати у оквиру управљања водним ресурсима у урбаним срединама. Интензиван протицај загађења из слива у урбаној средини може променити квалитет станишта у речном кориту и долини реке (Puczek & Jekatierynczuk-Rudczyk, 2020; Walsh и остали, 2005).

Бујичне поплаве, које су изузетно опасне по људске животе и животну средину, јављају се са све већом учесталошћу (Bryndal, 2015). Ове поплаве се дешавају након изузетно интензивних киша, у кратком временском периоду, најчешће током летњих олуја. Квалитет воде може се променити као резултат обилних и дуготрајних киша које трају од неколико сати до неколико дана. Ова врста падавина највише се јавља у летњем и јесењем периоду. Важно је напоменути да дужина трајања киша и време њиховог најчешћег појављивања могу варирати у зависности од специфичности региона, те је неопходно узети у обзир локалне климатске услове при анализи ових феномена (Stanković и остали, 2019; Vasović и остали, 2019a; Vasović & Stanković, 2011). Са појавом суше долази до значајног смањења падавина, влажности земљишта, нивоа подземних вода и речних токова (Dahm и остали, 2003). Услови ниских протицаја могу довести до значајног угрожавања квалитета површинских вода, као и до појаве критичних вредности одређених параметара квалитета, посебно оних који су од суштинског значаја за опстанак акватичне флоре и фауне (Pietruszyński & Cieśliński, 2019). У том контексту, многи физички и хемијски параметри квалитета сирове површинске воде могу значајно одступити од захтеваних вредности, што негативно утиче на екосистеме река и акватичне биоценозе. Овај феномен може утицати на велики број аспеката акватичних екосистема, укључујући квалитет воде и биолошку разноврсност (Puczek & Jekatierynczuk-Rudczyk, 2020).

Један од основних предуслова за одрживо управљање водним ресурсима у свету представља процена стања водних ресурса (WMO, 2023a). У складу са Међународним речником хидрологије Светске метеоролошке организације (WMO) и Унеска (UNESCO), процена водних ресурса дефинисана је као акт спровођења анализе ради

утврђивања извора, просторне расподеле, поузданости и природног састава водних ресурса у контексту њиховог потенцијала за употребу и регулацију (Young и остали, 1994). Поред тога, тежиште је такође на људским активностима које евидентно врше утицај на водне ресурсе (Moriarty и остали, 2005). Ово такође може бити карактеризовано као систематско праћење текућег стања, предвиђање будућих трендова водних ресурса, као и услуга снабдевања водом, уз специфичан фокус на аспекте који се односе на њихову доступност, приступачност и потражњу од стране корисника (WMO, 2023a).

Процена водних ресурса омогућава боље разумевање и ефикасно управљање водним системима, чинећи основу за адекватно и одрживо планирање, дизајнирање, изградњу, рад и одржавање пројеката који су повезани са следећим областима (Lins, 2008):

- Водоснабдевањем индустрије и домаћинства,
- Енергетиком,
- Градским и приградским каналисањем вода,
- Пољопривредом,
- Рибарством,
- Индустријским процесима који зависе од водних ресурса,
- Наводњавањем и дренажом,
- Ублажавањем сушних периода,
- Уређењем речних басена и превенцијом ризика од поплава,
- Здрављем,
- Заштитом и одржавањем акватичних екосистема и биолошке разноврсности.

У оквиру Републике Србије, управљање водним ресурсима се осигурава преко различитих инстанци, укључујући министарства, органе аутономних покрајина, органе локалне самоуправе и јавна водопривредна предузећа. Управљање водама се заснива на низу принципа који имају важну улогу у очувању и одрживом коришћењу водних ресурса (Србијаводе, 2023b):

- *Принцип одрживог развоја* подразумева да коришћење воде мора задовољити потребе садашњих генерација без угрожавања могућности будућих генерација да учине исто. Ово подразумева коришћење воде на начин који обезбеђује дугорочну заштиту доступних водних ресурса у смислу количине и квалитета.

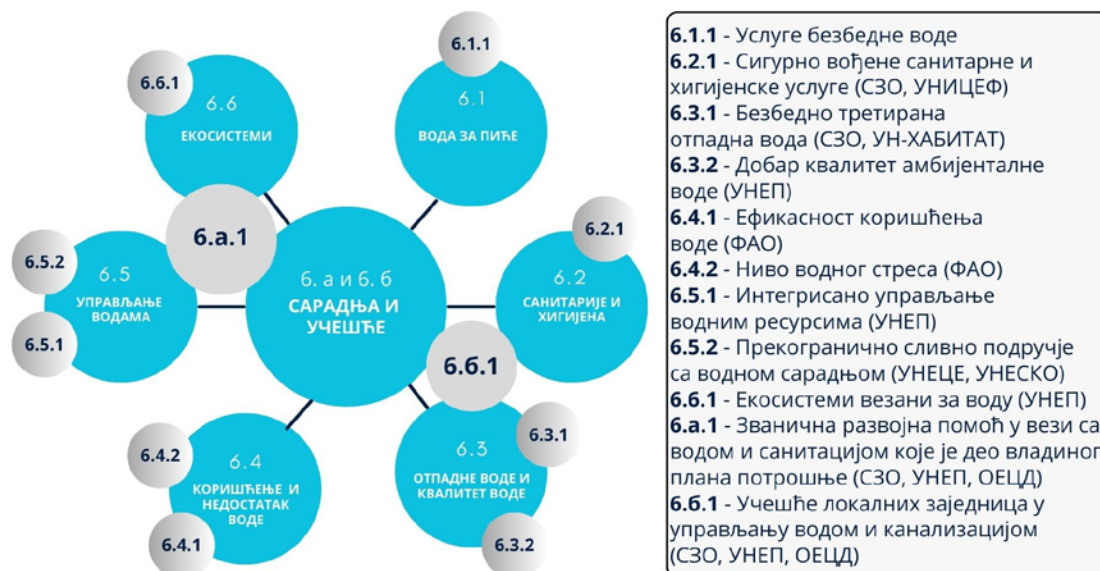
- *Принцип целовитости* наглашава поштовање природних процеса који укључују воду као значајну компоненту. Такође, овај принцип обухвата повезаност и међусобну зависност акватичних и приобалних екосистема.
- *Принцип јединства водног система* подразумева да се управљање водама изводи у контексту унутар јединственог водног простора, усклађено са општим развојним циљевима Републике Србије. Ово се постиже с обзиром на постизање највећих економских и социјалних користи, на одговарајући начин и у сагласности са међународним споразумима.
- *Принцип заштите од штетних утицаја воде* ставља акценат на обавезу заштите становништва и његове имовине од водних непогода. Ова заштита мора бити усаглашена са законитостима природних процеса, заштитом природних вредности и економским оправданостима.
- *Принцип „корисник плаћа“* подразумева да је сваки корисник водних ресурса дужан плаћати реалну цену за коришћење. Принцип се примењује на све који користе воду и хидротехничке објекте као добро од општег интереса.
- *Принцип „загађивач плаћа“* налаже да свако ко својим активностима доприноси загађењу воде треба да сноси трошкове мера за смањење загађења.
- *Принцип учешћа јавности* обезбеђује право јавности на информације о стању воде и раду одговорних органа у вези са водама. Такође, јавност има право да буде укључена у процесе планирања управљања водама и надгледа извршење тих планова.
- *Принцип примене најбољих доступних техника* наглашава обавезу употребе најсавременијих техника које су доступне. Ове технике представљају најнапреднија остварења у различитим областима које су важне за управљање водама.

Вода и водни ресурси поред својих незаменљивих егзистенцијалних, као и бројних других вредности, могу представљати и опасност по животну средину, људе и материјална добра, и то угрожавањем пољопривреде, плављењем насељених места, преношењем заразних болести и друго. Значајна повезаност између воде и променљивости климе има суштински утицај на стање свих екосистема, њихових услуга, људске заједнице и људског понашања. Стога, остваривање одрживог управљања водним ресурсима представља изазов од кључног значаја, за чији успех је потребан ангажман свих друштвених нивоа и институција, са циљем заштите, одрживе употребе и ефикасне дистрибуције воде (Gocic, 2020; Stanković & Petrović, 2023).

2.2.1 Кратак осврт на Агенду 2030 – Глобални циљ одрживог развоја 6

Повећана свест о одрживости у снабдевању водом започела је седамдесетих година прошлог века, током првих глобалних иницијатива у области заштите животне средине. Усвајање Париског споразума 2015. године, тежња ка имплементацији Агенде 2030 и реализацији Циљева одрживог развоја, као и коришћење могућности које циљеви нуде, представљају значајне изазове за бројне владе, међународне организације, невладине организације, компаније, јавност, академске и истраживачке институције на глобалном нивоу. Изазови се углавном односе на потребу за адаптацијом пословних модела, увођењем иновација у приступима одрживости, јачањем међународне колаборације, као и на координисање акција и заједничке напоре свих учесника у сектору комуналних услуга, укључујући водоснабдевање и друге услуге (Stanković & Petrović, 2023).

У поређењу са Миленијумском декларацијом (енг. *Millennial Declaration – MD*) из 2000. године, која је укључивала 8 циљева и 21 потциљ релевантан за земље са ниским приходима и који су требали бити имплементирани до 2015. године, Агенда 2030 обухвата 17 Глобалних циљева одрживог развоја, 169 потциљева и 230 индикатора, који су намењени да обликују глобални развој до 2030. године. У поређењу са Миленијумском декларацијом, Агенда укључује нове теме, као што су климатске промене, одржива потрошња и иновације. Уочавајући циљеве у области водних ресурса, код Миленијумске декларације (енг. *Millennium Development Goals - MDG 7*) била су постављена 2 потциља у вези са водом и санитацијом, док је код Глобалног циља одрживог развоја (SDG 6) постављено 8 потциљева у вези са водом и санитацијом, као и 1 потциљ под SDG 11 (Слика 2-1). Поред тога, дефинисано је 11 основних индикатора за праћење напретка у области вода и санитације (UN, 2023; UN Water, 2018).



Слика 2-1 Глобални циљ одрживог развоја 6 - потциљеви и индикатори
(аутор, засновано према: Properzi, 2016)

Као што је приказано на слици 2-1, SDG 6 има широк концепт имплементације одрживог управљања водним ресурсима, осигуравајући доступност и одрживо управљање водним ресурсима и канализацијом за све. Његов циљ је да сагледа цео циклус воде, укључујући аспекте животне средине, као што су смањење загађења и недостатак воде, социјалне аспекте везаних за воду за пиће и канализацију, као и економске аспекте повезане, на пример, са праћењем воде и интегрисаним управљањем водама. Заштита и коришћење воде је генерално проблем присутан у свим циљевима одрживог развоја (Stankovic & Vasovic, 2019; UN, 2023; UN Water, 2018). Циљ 6.5 као најопширнији корак ка SDG, адресира интегрисано управљање водним ресурсима (енг. *Integrated water resources management – IWRM*) на свим нивоима, укључујући међународну сарадњу прилагођеној за међународне речне и подземне басене. Циљ 6.6 представља заштиту и обнову екосистема повезаних са водом како би исти наставили да пружају користи за друштво, минимизацијом њиховог деградирања изазваних климатским променама и екстремним феноменима. На овој основи, индикатор 6.6.1 се користи за надгледање управљања у вези са циљем, пратећи промене у обиму водно-повезаних екосистема током времена. Овај индикатор захтева сакупљање података о просторном обиму водно-повезаних екосистема и квантитету и квалитету воде у њима (UN, 2023).

Поред SDG-а, важност стратешког планирања и управљања у контексту одрживог управљања водама приликом екстремних појава, климатских промена и урбанизације,

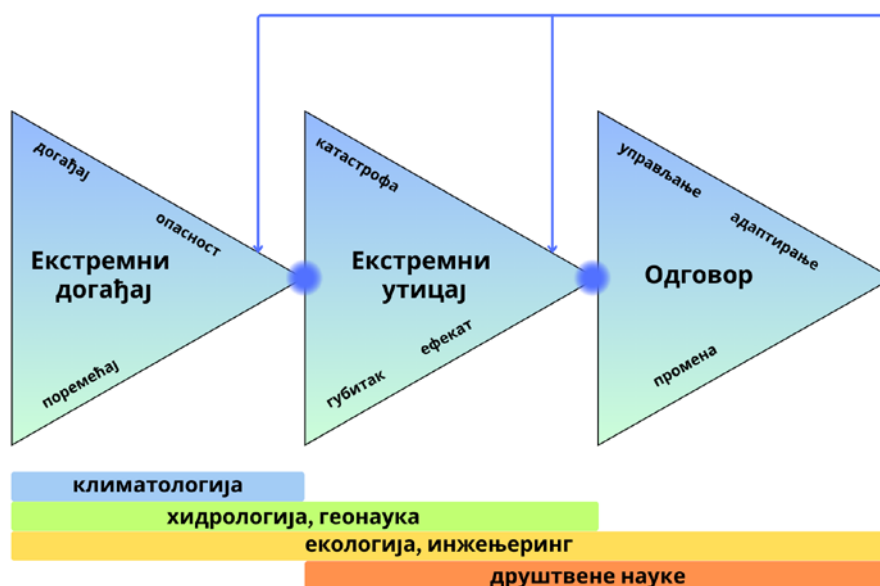
такође је наглашена у другим оквирима међународне политике, као што су Сендаи оквир за смањење ризика од катастрофа 2015 – 2030 (енг. *Sendai Framework for Disaster Risk Reduction*), Париски климатски споразум из 2015. године, као и Нова урбана агенда (енг. *New Urban Agenda*). Сендаи оквир има за циљ спречавање нових и смањење постојећих ризика од катастрофа, са седам циљева и четири приоритета за акцију, док је Париски споразум усмерен на борбу против климатских промена и прилагођавање њиховим ефектима, Нова урбана агенда представља заједничку визију за бољу и одрживију будућност, како за земље у развоју, тако и за развијене земље (Stankovic & Vasovic, 2019).

2.3 Екстремне хидролошке појаве

Екстремне хидролошке појаве су у фокусу интересовања научника и стручњака за управљање водним ресурсима у последњих неколико година. Ово је последица њиховог потенцијала да изазову значајну материјалну штету и негативне последице по животну средину, као и друштвене и техничке системе. Дефиниција екстремних хидролошких појава варира у оквиру различитих студија и дисциплина. Генерално, екстремне хидролошке појаве се одликују значајним одступањем од просечних хидролошких услова, као и потенцијалом за генерисање штетних ефеката (Puczek & Jekatierynczuk-Rudczyk, 2020). Међувладин панел за климатске промене (енг. *The Intergovernmental Panel on Climate Change – IPCC*) дефинише екстремно време или екстремни климатску појаву као „догађај који је реткост на одређеном месту и годишњем добу“. Пети извештај о процени IPCC-а закључио је да, од 1950. године, постоје јасни докази за глобално повећање одређених хидролошких екстрема, као што су интензивне падавине или екстремне суше. У извештајима IPCC-а, Балканско полуострво, са посебним освртом на Републику Србију, идентификовано је као подручје са умереним до високим ризиком од климатских промена (BAMS, 2013).

Слика 2-2 илуструје односе између кључних појмова у оквиру концептуализације екстремних догађаја, њихових утицаја и одговора на њих. Дијаграм укључује и везе између утицаја и самих догађаја, као и између утицаја и накнадних одговора. Такође, садржи различите термине који се користе у различитим дисциплинама за објашњење ових периода. Истакнуте су и дисциплине које се баве изучавањем екстремних појава, као и области преклапања и разлика између њих. Екстремни догађаји су препознати у

шест главних дисциплина, и то: климатологија, геонауке, хидрологија, екологија, инжењерство и друштвене науке (McPhillips и остали, 2018).



Слика 2-2 Међусобни односи између управљања, адаптације и одговора у контексту екстремних хидролошких појава
(аутор, засновано према: McPhillips и остали, 2018)

У оквиру истраживачког рада McPhillips-а, фокус је стављен на развијање приступа заснованог на дефинисању прогресивних прагова амплитуде протицаја. При томе су и протицаји који значајно одступају од просечних вредности, дефинисани као хидролошки екстреми. Ови прагови омогућавају идентификацију како екстремних поплава, тако и ситуација са ниским протицајима (McPhillips и остали, 2018). Прекорачење дефинисаних прагова се сматра почетком екстремне хидролошке појаве. Конкретно, поплаве настале услед олујних падавина односе се на зону високог водостаја. С друге стране, поплаве које настају услед дуготрајних и константних падавина, односе се на натпросечне вишегодишње протицаје. Сталне падавине, иако не причињавају значајне скокове у водостају, могу изазивати благи пораст водостаја у реци, а самим тим и да значајно утичу на њен квалитет. У оквиру анализе сушних периода, разматрају се зоне ниског водостаја (Miller & Hutchins, 2017).

Важни аспекти других истраживања показују да екстремне хидролошке појаве могу значајно утицати на квалитет сирове површинске воде у сливним подручјима, како руралним, тако и урбаним, изазивајући измене у концентрацијама одговарајућих параметара квалитета вода, услед промена у динамици протицаја воде. Већина истраживања се фокусира на количину воде, односно на то да ли је има премало или

превише, међутим постоји и значајан број истраживања о утицају климатских екстрема на квалитет воде (Versini и остали, 2016). Многе импликације климатских промена манифестују се кроз водни систем у виду екстремних поплава или екстремних суша (Puczek & Jekatierynczuk-Rudczyk, 2020; Sunyer и остали, 2013). Horne (2021) анализира управљање екстремним хидролошким појавама у контексту аустралијских урбаних система водоснабдевања, посебно се фокусирајући на проблеме са којима се суочавају мањи пружаоци ових услуга приликом задовољавања потреба заједнице за пијаћом водом током оваквих догађаја. Ово истраживање наглашава значај реформи у управљању и одговарајућих управљачких мера ради балансирања протока воде и квалитета воде током екстремних хидролошких услова. Xiong & Wang (2022) су развили приступ на више нивоа који повезује екосистемске услуге регулације протока воде на макро нивоу са проценом изграђеног урбаног окружења на микро нивоу. Њихова студија, спроведена у Бохуму у Немачкој, открила је разлику између руралних и урбаних подручја када су у питању услуге регулисања протока воде, и сугерисала начине смањења јаза између науке и праксе у управљању водама. McGraw и сарадници (2017) су проучавали хидролошки одговор и квалитет водних ресурса на екстремне олује у британском сливном подручју са посебним рурално-урбаним градијентом. Открили су да рурална подручја имају значајно спорији хидролошки одговор и различиту динамику промена квалитета воде у поређењу са урбаним подручјима, што указује да коришћење земљишта значајно утиче на узајамну зависност токова воде и квалитета воде током екстремних појава. De Bastos и сарадници (2021) су спровели студију у Јужном Бразилу како би идентификовали изворе загађења у руралном сливном подручју. Нагласили су значај мониторинга квалитета воде на више нивоа и значајан утицај пољопривредних активности на квалитет воде током екстремних хидролошких појава. Wang и сарадници (2022) оцењују појединачне и комбиноване утицаје коришћења земљишта и климатских промена на екстремне хидролошке појаве у сливу реке *Xitiaoxi*, Кина. Њихова открића сугеришу да ће ово подручје искусити теже екстремне хидролошке појаве као последицу ових промена. Puczek & Jekatierynczuk-Rudczyk (2020) су презентovali студију о утицају хидро-метеоролошких екстремних појава и урбаног слива на квалитет воде у малим рекама у североисточној Пољској, истичући значајан утицај ових догађаја на параметре квалитета воде.

Опште је познато да урбанизација драстично утиче на измене у хидро-морфологији река и квалитету вода. Детаљна карактеризација ових аспеката представља суштински научно-стручни одговор у разматрању промена у хидролошким

режимима и квалитету воде у оквиру екстремних климатских услова (Chormański, 2012). Највећа претња екосистемима и људима исказаће се локално кроз промене у регионалним екстремним временским и климатским појавама. Европски континент, на пример, изложен је променама у учесталости и интензитету екстремних појава као што су: таласи врелина, јаке падавине, екстремне суше и олује, што се види и према метеоролошким подацима последњих година (ЕЕА, 2010, 2016, 2018). Према Стратегији управљања водама на територији Републике Србије до 2034. године, Република Србија представља адекватан пример за разумевање утицаја глобалних и регионалних климатских промена на водни режим („Сл. гласник РС“, бр. 3/2017, 2017). Ситуација је посебно алармантна када се узме у обзир просторно и временски неравномеран протицај воде, као и уочени дуги периоди ниских водостаја, када је вода највише потребна за обављање различитих привредних делатности, посебно у Моравској регији, где се и налазе анализирана сливна подручја („Сл. гласник РС“, бр. 3/2017, 2017).

У посредном смислу, веза са метеоролошким екстремима (екстремно велике падавине или недостатак падавина у посматраном временском интервалу) доводи до значајног колебања запреминског протицаја на мерним профилима водотокова који су предмет проучавања у оквиру ове дисертације (Puczek & Jekatierynczuk-Rudczyk, 2020; Stanković & Vasović, 2019). Утицаји екстремних хидролошких појава на параметре квалитета сирове воде анализирани за изворишта водоснабдевања „Медијана“, мерно место Ниш и „Власина“, мерно место Свође, која се налазе у југоисточном делу Србије, као и опис сливова, детаљније су описани кроз поглавља 5 и 6 у оквиру ове дисертације. Екстремне хидролошке појаве које значајно одступају од просечних вредности за дате месеце анализиране су у односу на минимални повратни период од пет година.

На примеру сливног подручја Нишаве, које припада Црноморском сливу, код мерног места Ниш на водозахвату „Медијана“, за анализирани период од пет година, статистичким анализама, које су детаљније описане у поглављу 6, израчунат је просечан вишегодишњи протицај реке од око $Q_{sr} = 33,71 \text{ m}^3/\text{s}$. Аналогно, на примеру сливног подручја Власине, које такође припада Црноморском сливу, код мерног места Свође на водозахвату „Власина“, утврђен је вишегодишњи просечни запремински протицај реке од око $Q_{sr} = 8,10 \text{ m}^3/\text{s}$. На основу спроведених статистичких анализа за посматрани период дефинисани су интервали са уоченим хидролошким екстремима (максимални и минимални запремински протицај). За водозахват „Медијана“ ове

вредности износили су $Q_{\max} = 288 \text{ m}^3/\text{s}$ и $Q_{\min} = 4,5 \text{ m}^3/\text{s}$, док су за водозахват „Власина“ износили $Q_{\max} = 133 \text{ m}^3/\text{s}$ и $Q_{\min} = 1,33 \text{ m}^3/\text{s}$. Независно од промена запреминског протицаја на нивоу водозахвата, а последично и промена квалитета сирове воде, важно је имати у виду да у систем јавног водоснабдевања улази релативно константна количина воде – око 120 l/s на примеру водозахвата „Власина“ и око 100-460 l/s за водозахват „Медијана“ (ЈКР „Naissus“, 2023b; Vodotehnika, 2012).

3 РЕГУЛАТОРНЕ ДЕТЕРМИНАНТЕ СИСТЕМА УПРАВЉАЊА ВОДНИМ РЕСУРСИМА

3.1 Кратак осврт на „План о безбедности воде“

Безбедно управљање питком водом мора узети у обзир квалитет, континуитет и квантитет воде за пиће у контексту заштите јавног здравља (WHO, 2023a). План о безбедности воде (скр. ПБВ; енгл. *Water safety plan – WSP*,) представља смернице и препоруке Светске здравствене организације (СЗО) за квалитет воде за пиће, као један од најефикаснијих механизма за доследно обезбеђивање безбедности и прихватљивости снабдевања питком водом. Ова стратегија подразумева процену ризика која обухвата све фазе снабдевања водом, почев од слива, па све до крајњих потрошача, уз спровођење и праћење мера контроле ризика, фокусирајући се притом на високоприоритетне опасности (IWA, 2023; WHO, 2023b). Тамо где ризици не могу одмах бити решени, ПБВ омогућава постепено увођење побољшања током времена. Ова стратегија треба да се примењује у контексту јавног здравља, одговарајући на јасне здравствено утемељене циљеве, а квалитет треба да се проверава путем независног надзора. ПБВ су прилагодљиви свим типовима и обимима снабдевања водом и могу се ефикасно применити у различитим социјално-економским контекстима. Овај приступ планирању безбедног водоснабдевања све више се усваја као глобална препоручена пракса за унапређење безбедности снабдевања водом за пиће (WHO, 2023a, 2023b).

Успешна реализација планирања безбедности воде може допринети гарантовању да корисници добијају безбедну и прихватљиву питку воду у адекватним количинама. Ово се може постићи на следеће начине (WHO, 2023a):

- разумевањем свеобухватног система снабдевања водом;
- идентификацијом потенцијалних изазова и механизма њиховог настанка;
- почетним фокусирањем на ризике високог приоритета, уз имплементацију контролних тачака и система управљања ради проактивне митигације идентификованих ризика;
- осигуравањем ефикасног функционисања свих компоненти система и
- активним укључивањем свих релевантних актера у процес снабдевања безбедном водом за пиће.

Планирање безбедног водоснабдевања систематски организује богату историју најефикаснијих пракси управљања које су прихватили европски водоводи. Кључни концепт планирања безбедног водоснабдевања јесте „приступ с вишеструким баријерама“ за управљање ризицима (Слика 3-1), што представља основну стратегију

унапређења безбедности система снабдевања водом за пиће. У овом приступу, уколико једна баријера, или контролни механизам, не испуни своју сврху, друге баријере су ту да допринесу очувању безбедности снабдевања питком водом за крајњег корисника (WHO, 2023a).



Слика 3-1 Пример приступа са вишеструким баријерама за обезбеђивање безбедног снабдевања питком водом
(аутор, засновано према: WHO, 2023a)

Планирање безбедног водоснабдевања представља интерактиван процес са циљем безбедног управљања системом снабдевања водом за пиће и примењује се итеративно у континуираним, периодичним циклусима побољшања. ПВВ може смањити учесталост хидричних болести, затим довести до побољшања друштвеног благостања и унапређења животних услова, односно достизања Глобалних циљева одрживог развоја (конкретно 1, 3, 6 и 11).

3.2 Правни оквир за регулисање заштите вода у појединим земљама

Иако историјски корени законодавних интервенција у сегменту сузбијања загађења воде сежу дубоко у средњи век, правни основи још увек варирају између различитих земаља. Ове разлике настају пре свега услед раличитих политичких, економских и административних система који карактеришу сваку државу. Још један аспект разноликости законодавства се односи на третирање водотокова, при чему закони према различитом поимању карактеришу водотокове као јавно добро или приватну својину (Poročić, 1982). На путу ка адекватном регулативном оквиру, поједине земље су увеле савремене законске и нормативне иновације које позитивно утичу на текуће изазове са аспекта примене научно-технолошких решења у домену борбе против загађења вода. Насупрот томе, постоје и земље које се и данас ослањају на застареле правне норме које не успевају адекватно одговорити на актуелне потребе у

сузбијању загађења воде. Додатно, постоје и оне државе које нису развиле никакве законодавне механизме који регулишу ову област (Остојић, 2016; Роровић, 1982).

У Сједињеним Америчким Државама (САД) Закон о водним ресурсима је усвојен од стране Конгреса 1974. године, са последњим изменама додатим 1996. године, а у циљу заштите питке воде, с тим да се законодавни системи различитих земаља које су део САД разликују међу собом. Као пример добре политике одрживости, наводи се Политика одрживости Агенције за заштиту животне средине САД-а (енг. *United States Environmental Protection Agency – EPA*), која налаже системима за водоснабдевање да учествују у отпорном и инклузивном планирању како би се осигурало да су инвестиције у водну инфраструктуру ефикасне у односу на трошкове током њиховог животног циклуса, да су ефикасне у коришћењу ресурса и у складу са другим одговарајућим циљевима заједнице. Као део закона, ЕРА је утврдила максималне нивое загађујућих супстанци, као и захтеве за третман за преко 90 различитих загађујућих супстанци у пијаћој води (CDC, 2022; US EPA, 2013).

У Руској Федерацији постоје прописи који од 1960. године регулишу заштиту и коришћење водних ресурса (Роровић, 1982). Стратегија управљања водама Руске Федерације за период до 2020. године представљала је национални вишесекторски политички документ који је дефинисао главне правце активности за даљи развој водног управљачког система Руске Федерације, обезбеђујући одрживу употребу воде, заштиту водних тела, заштиту од негативног утицаја вода, као и формирање и сређивање конкурентних предности у области вода. Ова Стратегија је утврдила основне принципе државне политике у области коришћења и заштите водних тела, предвиђајући прихватање и спровођење управних одлука за одржавање водних екосистема, и обезбеђујући највећи друштвени и економски ефекат, као и стварање услова за ефикасну интеракцију заинтересованих страна у систему управљања водама (FAOLEX, 2023; Kotov, 2009; Russian Federation Federal Law, 2006).

Аустријско водно законодавство, које се заснива на Закону о правима на воду из 1959. године са изменама, поставља јасне циљеве у вези са заштитом површинских водних тела и подземних вода. У случају да су водни ресурси већ значајно угрожени, кључни циљ је обнова доброг статуса. Истовремено постоји „забрана детериорације“, што значи да се статус воде не сме додатно нарушавати. Савремена аустријска водна политика следи одредбе Оквирне Европске директиве о водама (*EU WFD*) која предвиђа поновно усмеравање политика заштите вода на нивоу целокупне Европске уније (Federal Ministry Republic of Austria, 2023; OECD, 2015).

Француско право у области водних ресурса усмерено је ка томе да свако поседује приступ питкој води и санитарним условима, и да се услуге водоснабдевања потпуно финансирају од стране корисника. Закон о води из 1992. године наглашава да је вода део заједничког наслеђа нације и да њена употреба припада свима. Такође, уочава се разлика између вода које имају карактер јавног добра и оне које то немају. Реке, канали, језера и веће пловне баре, водени токови и вештачка језера спадају у воде које имају карактер јавног добра. Воде настале формирањем падавина, у које спадају потоци, канали фабрика и иригациони канали, чине воде које немају карактер јавног добра (Barraqué & Bris, 2007; Popović, 1982; Smets, 2007).

У Норвешкој, главна политика која уређује коришћење слатководних ресурса је Закон о водним ресурсима из 2000. године. Главни циљеви овог закона су подстицање одрживог развоја и одржавање биолошке разноврсности и природних процеса у речним системима. Нови прописи о питкој води уведени су у јануару 2017. године. Ови прописи захтевају безбедно снабдевање довољним количинама безбедне и хигијенски исправне питке воде. Нови прописи помажу у осигурању снабдевања питком водом кроз строже захтеве за рад и одржавање мреже цевовода (EDMS, 2007; NIPH, 2017).

Генерално посматрано, правни аспекти у сузбијању загађења водотокова представљају кључан фактор који обликује искорак и изазове на путу ка одрживом управљању водним ресурсима.

3.3 Кратак осврт на правни оквир Европске уније

У Европској унији (ЕУ), велика већина становника има изузетно добар приступ висококвалитетној води за пиће. То се може приписати, у значајној мери, више од тридесет година спровођења правног оквира ЕУ усредсређеног на квалитет воде за пиће. Ова политика је омогућила да вода намењена људској потрошњи буде безбедна за конзумацију, што је резултирало високим нивоом заштите здравља. Основне компоненте политике ЕУ у вези с водом за пиће обухватају (EU, 2023; European Comission, 2023b):

- Заштиту људског здравља путем обезбеђивања квалитета воде предвиђене за људску потрошњу;
- Сигурност контроле квалитета воде за пиће кроз примену стандарда заснованих на најновијим научним сазнањима;

- Ефикасно и ефективно праћење, оцењивање и спровођење контроле квалитета воде за пиће;
- Пружање становницима ЕУ адекватне, правовремене и одговарајуће информације и
- Унапређење приступа води предвиђеној за људску потрошњу.

Оквирна Директива о водама 2000/60/ЕС је фокусирана на остваривање оптималног квантитативног и квалитативног стања вода, чиме се стреми ка смањењу и елиминацији загађења, као и обезбеђивању довољних количина воде које подржавају екосистеме, у исто време задовољавајући људске потребе. Од 2000. године, ова Директива представља кључни правни инструмент за заштиту вода у Европи. Њено дејство обухвата сирове површинске воде унутрашњости, прелазне и обалне воде, као и подземне воде. Директива промовише интегрисани приступ управљању водама, уз поштовање целовитости екосистема, регулацију специфичних загађивача и постављање одговарајућих регулаторних стандарда. Централни концепт ове Директиве је управљање на основу слива реке. Овакав приступ омогућава суседним државама ефикасну сарадњу у управљању заједничким хидролошким јединицама, укључујући речне сливове и друга водна тела. Управљање на основу слива реке подстиче суседне земље да координирају своје активности и заједнички решавају проблеме везане за водене ресурсе (European Comission, 2023a; WISE, 2023).

Основни циљеви Директиве о водама су наведени у члану 4. Државе чланице су обавезне да примене своје Планове управљања сливом реке и Програме мера како би заштитиле водна тела, обнављале их где је потребно, и постизале добар статус, чиме се спречава њихово додатно погоршање. Добар статус обухвата добар хемијски и еколошки статус. Такође захтева од држава чланица ЕУ да постигну добар статус у свим телима површинских вода и подземних вода до 2027. године. Добар статус се процењује кроз четири аспекта (European Comission, 2023a; WISE, 2023):

- Еколошки статус површинских вода;
- Хемијски статус површинских вода;
- Хемијски статус подземних вода;
- Квантитативни статус подземних вода.

Оквирна Директива о водама представља основни закон, који подржавају две тзв. ћерке Директиве о квалитету и количини подземних вода, односно о квалитету површинских вода. Ова Директива такође садржи одредбе у вези са роковима за постизање циљева, као и одредбе о изузецима. Прилози прецизирају детаље у вези са

захтевима за праћење, критеријумима за оцену статуса водних тела и садржајем Планова управљања сливом реке (European Commission, 2023a).

Прописи усмерени на управљање водним ресурсима, генерално представљају моћан инструмент заштите јавног здравља како у развијеним тако и у земљама у развоју. Снажни регулаторни водоводни системи представљају катализатор за постизање Циљева одрживог развоја у вези са остваривањем универзалног и правичног приступа безбедној и приступачној води за пиће за све (WHO, 2023b).

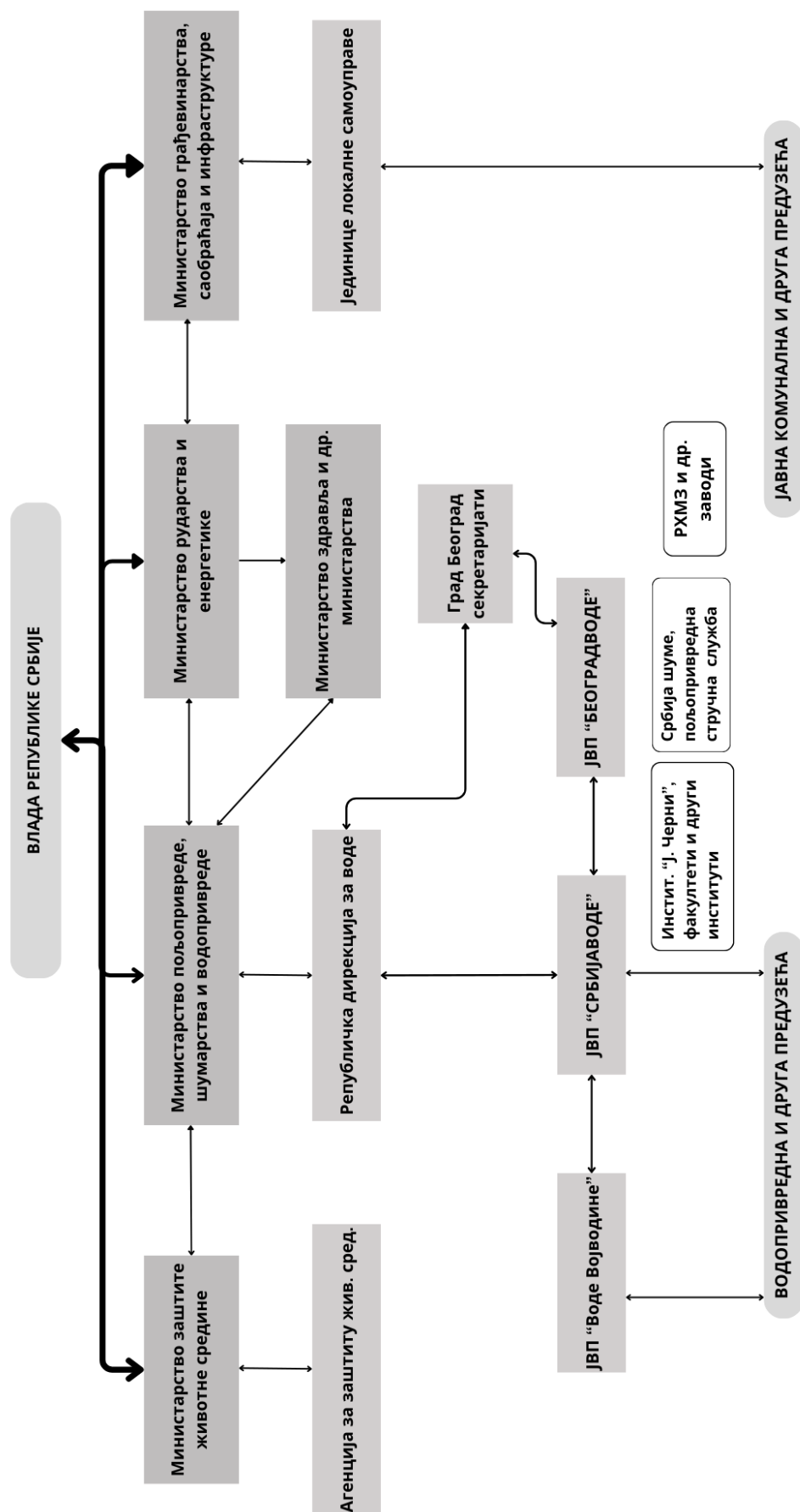
3.4 Преглед надлежности у водопривреди у Републици Србији

Водни ресурси представљају животно важан аспект окружења и друштвеног развоја, док институционални и законодавни оквири играју кључну улогу у осигуравању одрживе будућности ових ресурса. Доношење и примена законских регулатива, не би била омогућена без контролних механизма усаглашавања и корекције планираног и оствареног. Ова међусобна зависност, као и сарадња надлежних институција, уважавање свих заинтересованих страна, одговорност, професионалност и посвећеност представљају кључ у остваривању мисије о одрживом управљању водним ресурсима, а најпре о једнакости у доступности и реализовању основног људског права на квалитетну и безбедну воду за пиће (Остојић, 2016; Стевић Гојков, 2018; Elezović, 2016; Porović, 1982; Veljković и остали, 2022).

Управљање водним ресурсима у Републици Србији представља комплексан и изазован задатак, аналоган другим аспектима управљања природним ресурсима. Водни ресурси, као природно благо, имају еквивалентан значај за све субјекте. Овакав контекст ставља воду у домен међународног еколошког права и права животне средине (Јолцић, 2011; Стевић Гојков, 2018). Изграђене и институционално усвојене структуре, као што су приказане на дијаграму (Слика 3-2), а које су део водног управљања, непрекидно играју централну и неопходну улогу у раму система управљања водним ресурсима.

Институције приказане на Слика 3-2 (Влада, министарства, агенције, комунална предузећа и др.) представљају темеље важних аспеката регулативних и управљачких подручја у водном сектору. Интеракције између ових институција имају синергетски ефекат на постигнуће циљева водног управљања, како на националном, тако и на локалном нивоу. Осим тога, дубоко су повезане, и ова везаност се односи на размену

информација, усклађивање стратегија и акција, као и координирање резултата који се постижу у различитим аспектима управљања водама. Интердисциплинарни аспекти ових институционалних улога уводе додатну комплексност, која се решава кроз размену знања, синергетско дејство и усмерено дејство ка заједничким циљевима одрживог и ефикасног управљања водним ресурсима. У складу са Законом о министарствима Републике Србије („Сл. гласник РС“, бр. 128/2020 и 116/2022), формирају се министарства и посебне организације, те се прецизира њихова надлежност. Међу овим ентитетима постоје они који су овлашћени за специфичне аспекте управљања у области водопривреде.



Слика 3-2 Организација интегралног управљања водама у Републици Србији
(аутор, засновано према: Стевић Гојков, 2018)

Министарство заштите животне средине у Републици Србији одговорно је за супервизију и управљање различитим аспектима заштите животне средине у земљи. Министарство сноси одговорност за надгледање и спровођење мера и политике обухватајући и управљање водним ресурсима, укључујући реке, језера и друге водне системе. У оквиру овог министарства налази се и *Агенција за заштиту животне средине* која је одговорна за прикупљање, обраду и анализу података о стању животне средине и загађивању, како би се оценили утицаји на животну средину и спречили могући проблеми. Агенција се бави и израдом извештаја, студија и анализа у вези са стањем животне средине, промовише ефикасне мере заштите животне средине и сарађује са другим институцијама у остваривању циљева одрживог управљања животном средином. *Министарство пољопривреде, шумарства и водопривреде* у Републици Србији одговорно је за координацију и управљање аспектима који се односе на развој пољопривреде, шумарства и водопривреде у земљи. Такође, има надлежност над водним ресурсима, укључујући управљање водотоковима, језерима, водним системима и мерама за заштиту водних ресурса. *Министарство рударства и енергетике* у Републици Србији одговорно је за промоцију и регулацију различитих аспеката рударства, енергетике и минералних ресурса у земљи. Такође игра улогу у управљању водним ресурсима, посебно у контексту хидроелектричне енергетике и остваривања рационалног коришћења воде за производњу електричне енергије. *Министарство грађевинарства, саобраћаја и инфраструктуре* у Републици Србији одговорно је за управљање и координацију развоја инфраструктуре и саобраћајних мрежа у земљи. У складу са тим, оно такође има компетенцију у вези са планирањем и изградњом хидроинфраструктуре, укључујући изградњу водних инфраструктурних објеката, као што су бране и водоводи, који имају значајан утицај на управљање водним ресурсима (Васовић, 2016; Републичка дирекција за воде, 2023; Elezović, 2016; Група autora, 2021; Поповић, 1982; Veljković и остали, 2022).

Републичка дирекција за воде у Републици Србији је носилац извршних функција и одговорна је за координацију, планирање и управљање водним ресурсима у земљи. Она надгледа имплементацију водних политика и законодавства, укључујући мере за заштиту, одрживо коришћење и развој водних ресурса, у сарадњи са другим релевантним институцијама и организацијама (Васовић, 2016; Републичка дирекција за воде, 2023). *Јавно водопривредно предузеће „Србијаводе“* (ЈВП „Србијаводе“) је одговорно за планирање, развој, градњу и управљање водним ресурсима, укључујући водоводе, канале, бране и хидроелектране. ЈВП „Србијаводе“ се бави осмишљавањем и

имплементацијом мера за заштиту и управљање водним ресурсима, а такође и унапређењем инфраструктуре и система за управљање водама у земљи.

Поред наведених институција, у наставку рада ће бити детаљније описане улоге осталих институција у оквиру водопривредног система.

3.5 Преглед законског оквира у сектору вода у Републици Србији

У Републици Србији преовладава постојаност у домену националне законодавности која регулише област управљања водним ресурсима. Приметна је обавеза од стране државе да установи и одржава комплетан правни оквир који описује аспекте употребе, заштите и контроле водних ресурса. Ова регулаторна структура укључује различите правне инструменте као што су закони, уредбе и правилници (Стевић Гојков, 2018; Elezović, 2016; Popović, 1982). Међу значајним правним актима у овој области, важно је навести Закон о режиму вода из 1998. године који је поставио основне параметре управљања водама. У тој историји, Правилник о југословенским стандардима за квалитет воде из 1994. године представља значајану тачку око контроле квалитета сирове површинске воде. Додатно, Закон о водама из 1991. године и Закон о искоришћавању и заштити изворишта водоснабдевања из 1977. године су директно утицали на управљање и коришћење водних ресурса (Стевић Гојков, 2018).

У плодотворном напору да се обезбеди координисан и ефикасан правни оквир за управљање водним ресурсима у Републици Србији, релевантни акти су постепено унапређени, усвајани и интегрисани у комплексан систем регулатива. Најважнији закон који регулише област воде у Републици Србији је *Закон о водама*, који је са последњим изменама донет 2018. године, а који наглашава значај европских стандарда и директива које имају примену на водне ресурсе у Републици Србији, усмеравајући доносиоце одлука на усклађивање и доследно прилагођавање. Поред тога, овај закон представља темељну тачку за све аспекте управљања водама и дефинише обавезе и одговорности свих агенција и организација укључених у ову област („Сл. гласник РС“, бр. 95/2018, 2018).

На основу годишњег програма мониторинга статуса вода за 2020. годину, Агенција за заштиту животне средине је спровела *Програм мониторинга статуса површинских и подземних вода* током исте године. Извештај о резултатима испитивања квалитета површинских и подземних вода за 2020. годину садржао је систематизоване

податке прикупљене током проведених испитивања биолошких елемената квалитета за оцену еколошког статуса/потенцијала, као и физичко-хемијских, хемијских и микробиолошких показатеља квалитета вода водотока, акумулација и подземних вода на територији Републике Србије. Ово испитивање се реализовало у сагласности са одредбама различитих прописа и препорука, укључујући Правилнике, Уредбе и препоруке Оквирне директиве о водама Европске уније (SEPA, 2021).

Стратегија управљања водама на територији Републике Србије, која је наследник Водопривредној основи (2002 – 2021), представља напреднији и усаглашени документ ка интегралном управљању водама. („Сл. гласник РС“, бр. 3/2017, 2017). Њен примарни циљ јесте стварање свестране и координисане сарадње између свих учесника система. Ово обухвата уједињавање свих заједничких циљева у постизању квалитетне и безбедне воде. Основа овог система лежи у дубоко интегрисаном покретачу, где сваки актер у систему не само да ради за остваривање сопствених циљева, већ и за остваривање опште вредности безбедних водних ресурса за све (Стевић Гојков, 2018). Детаљни параметри који дефинишу еколошки и хемијски статус површинских вода, као и квантитативни и хемијски статус подземних вода, су ближе утврђени од стране релевантних министарстава надлежних за водопривреду и заштиту животне средине. Једном извршен процес класификације површинских и подземних вода, је забележен и документован у оквиру Плана управљања водама. Ради ажурирања и освежавања ове класификације површинских вода, редовно се спроводи процес ревизије на темељу резултата мониторинга стања вода, у складу са нормативама утврђеним Законом о водама Републике Србије (Група аутора, 2021).

Као допуна претходно наведеним законима, значајни су акти укључени у Стратегију управљања водама на територији Републике Србије до 2034. године. Међу овим актима налазе се Закон о заштити животне средине, Закон о процени утицаја на животну средину, Закон о интегрисаном спречавању и контроли загађивања животне средине, Закон о рударству и геолошким истраживањима (2011), Закон о комуналним делатностима (2011), Закон о ванредним ситуацијама (2012) и Закон о планирању и изградњи (2009). Ови закони чине комплетан и обухватајући оквир који је неопходан за регулисање различитих аспеката управљања водним ресурсима.

Стремљење ка интегралном управљању подржано је овим важним стратегијским документима, који омогућавају дубљу анализу, промене и усмеравање регулативних детерминанти, док министарства и друге надлежне институције пружају своје активно учешће у овом подухвату.

3.6 Усклађивање домаћег законодавства са Оквирном директивом о водама

Крајем октобра 2000. године Европски парламент и Савет Европске уније су поставили дугорочне смернице у области вода усвајањем Оквирне директиве о водама 2000/60/ЕС (енг. *Water Framework Directive – WFD*) чиме је проглашен почетак усклађеног оквира у области заштите вода за све европске земље (SEPA, 2021). Директива је креирана на темељу управљања водним ресурсима на нивоу речних сливова, уз уважавање позитивних искустава примене водопривредног законодавства Европске уније током претходних 25 година. Важно је напоменути да су током процеса формирања Директиве, присуствовали и представници корисника вода, што је додатно омогућило свеобухватно разматрање релевантних проблема и формулисање одговарајућих правних решења за све водне ресурсе, уз постизање усклађености у ценовној политици воде која се примењује у државама чланицама Европске уније. У оквиру Директиве изложени су специфични услови, чија је сврха олакшавање примене усвојене политике одрживог управљања водама и заштите вода. Главни циљ Оквирне директиве јесте унапређење свих природних водних токова до „доброг стања“, што укључује остварење задовољавајућег хидролошког, хемијског и еколошког статуса вода (Стевић Гојков, 2018; SEPA, 2000).

Процес имплементације Оквирне директиве о водама у Републици Србији захтева значајне промене у водопривредном сектору. То подразумева преобликовање управљања водним ресурсима, организацију водопривреде, финансирање, законодавне регулације, укључивање јавности, образовање и улогу научних институција. Кључни принципи ових промена укључују успостављање организације управљања водама на нивоу речних сливова, осигурање правног оквира, адекватних финансијских ресурса и размену информација о количини и квалитету воде. Такође, неопходно је интегрисати приступ управљања на нивоу речног слива у водно законодавство, што би требало да послужи као основа за структурирање водопривреде, планирање, управљање, доношење одлука, интеграцију и координацију активности, као и за усклађивање са приступима ценама воде у другим земљама Европске уније (Републичка дирекција за воде, 2023а; Стевић Гојков, 2018; SEPA, 2000).

Свест о ограниченим водним ресурсима и потреби за одрживим коришћењем постаје кључна компонента примене приступа управљања водама, прописаног Оквирном директивом о водама. Промовисање јавне свести о важности очувања и рационалне употребе вода, уз инклузивно учешће различитих друштвених сегмената у

процесима доношења одлука, представља суштинске кораке, уз узимање у обзир искустава других земаља Европске уније (Роџића, 2019).

Успешна примена легислативе захтева усклађивање интереса различитих друштвених, државних и приватних организација у вези са коришћењем, заштитом и управљањем водним ресурсима. Ово подразумева успостављање напредне организације водопривреде са јаким капацитетима за управљање и администрацију. Координација различитих институција омогућава остваривање циљева политике одрживог управљања водама, док су институционални механизми кључни за постизање интеграције и сарадње међу различитим корисницима вода, интересним групама и јавношћу (Србијаводе, 2023а). Управо као резултат успешног усклађивања домаћег законодавства са Оквирном директивом о водама у Републици Србији је унапређен систем мониторинга квалитета површинских и подземних вода. На примеру анализираног временског периода у докторској дисертацији, важно је напоменути да је Агенција за заштиту животне средине спроводила Програм мониторинга статуса површинских и подземних вода, на основу (SEPA, 2015b):

- Уредбе о утврђивању годишњег програма мониторинга статуса вода за 2014. годину (Сл. гласник РС, број 43/2013);
- Правилника о утврђивању водних тела површинских и подземних вода (Сл. гласник РС, број 96/2010);
- Правилника о референтним условима за типове површинских вода (Сл. гласник РС, број 67/2011);
- Правилника о параметрима еколошког и хемијског статуса површинских вода и параметрима хемијског и квантитативног статуса подземних вода (Сл. гласник РС, број 74/2011);
- Уредбе о граничним вредностима загађујућих материја у површинским и подземним водама и седименту и роковима за њихово достизање (Сл. гласник РС, број 50/2012);
- Уредбе о граничним вредностима приоритетних и приоритетних хазардних супстанци које загађују сирове површинске воде и роковима за њихово достизање (Сл. гласник РС, број 24/2014);
- Препорука Оквирне директиве о водама Европске уније (WFD).

Према *Уредби о граничним вредностима загађујућих материја у површинским и подземним водама и седименту и роковима за њихово достизање* („Сл. гласник РС“, бр. 50/2012) извршена је класификација анализираних параметара квалитета сирове воде у

односу на граничне вредности загађујућих материја у површинским водама (Табела 3-1). Такође, према *Правилнику о параметрима еколошког и хемијског статуса површинских вода и параметрима хемијског и квантитативног статуса подземних вода* („Сл. гласник РС“, бр. 74/2011, 2011) извршена је и класификација анализираних параметара квалитета сирове воде у односу на границе класа еколошког статуса и границе класа еколошког потенцијала за типове површинских вода, за период од 2014 – 2018. године за мерно место Ниш (Табела 3-1). Анализа је извршена у односу на средње годишње концентрације одабраних параметара квалитета сирове воде, које су срачунате на основу дневних извештаја ЈКП „Naissus“, за мерно место Ниш, те тако представљају значајно прецизнију формулацију просечних годишњих концентрација.

Табела 3-1 Дефинисане класе квалитета и оцена параметара еколошког статуса сирове воде за мерно место Ниш у односу на граничне вредности дате Уредбом и Правилником

Мерно место		ХПК (KMnO ₄) mg/l	Нитрати mg/l	Нитрити mg/l	Гвожђе mg/l	Манган mg/l	pH	БРК ₅ mgO ₂ /l
Ниш	2014	12.265	5.828	0.048	0.112	0.026	7.960	2.316
	*Уредба	II	III	III	I	I	I	II
	**Правилник	/	III	/	/	/	I-II	II
	2015	10.260	6.665	0.041	0.104	0.025	8.002	1.747
	*Уредба	II	III	III	I	I	I	I
	**Правилник	/	IV	/	/	/	I-II	II
	2016	10.996	6.023	0.047	0.280	0.025	7.971	1.603
	*Уредба	II	III	III	I	I	I	I
	**Правилник	/	III	/	/	/	I-II	II
	2017	10.768	5.661	0.049	0.093	0.025	8.018	1.882
	*Уредба	II	III	III	I	I	I	I
	**Правилник	/	II	/	/	/	I-II	II
	2018	10.042	6.365	0.054	0.094	0.025	8.021	2.021
	*Уредба	II	III	III	I	I	I	I
	**Правилник	/	IV	/	/	/	I-II	II

*Уредба о граничним вредностима загађујућих материја у површинским и подземним водама и седименту и роковима за њихово достизање („Сл. гласник РС“, бр. 50/2012)

**Правилник о параметрима еколошког и хемијског статуса површинских вода и параметрима хемијског и квантитативног статуса подземних вода („Сл. гласник РС“, бр. 74/2011, 2011)

Установљено је, да је већина наведених параметара анализираних у посматраном петогодишњем периоду у оквирима I и II класе, док се код нитрита и нитрата уочава доминација III класе. Треба напоменути да су се 2015. и 2018. године концентрације нитрата кретале у границама IV класе еколошког статуса.

На исти начин, извршена је и класификација анализираних параметара квалитета сирове воде за период од 2014 – 2018. године за мерно место Свође, односно годишње

просечне концентрације анализираних параметара квалитета сирове воде, које су израчунате на основу дневних извештаја ЈКП „Водовод“, чиме се обезбеђује прецизниј приказ у односу на уобичајене годишње просеке (Табела 3-2).

Табела 3-2 Дефинисане класе квалитета и оцена параметара еколошког статуса сирове воде за мерно место Свође у односу на граничне вредности дате Уредбом и Правилником

Мерно место		ХПК mg/l	Нитрати mg/l	Нитрити mg/l	Гвожђе mg/l	Манган mg/l	pH
Свође	2014	12.265	5.828	0.048	0.111	0.026	10.156
	*Уредба	II	III	III	I	I	I
	**Правилник	/	III	/	/	/	I-II
	2015	10.539	1.934	0.003	0.194	0.073	8.044
	*Уредба	II	II	I	I	II	I
	**Правилник	/	II	/	/	/	I-II
	2016	11.225	1.683	0.004	0.188	0.070	7.74
	*Уредба	II	II	I	I	II	I
	**Правилник	/	II	/	/	/	I-II
	2017	11.243	1.683	0.004	0.189	0.070	7.73
	*Уредба	II	II	I	I	II	I
	**Правилник	/	II	/	/	/	I-II
	2018	12.284	1.283	0.003	0.221	0.042	7.95
	*Уредба	II	I	I	II	I	I
	**Правилник	/	I	/	/	/	I-II

*Уредба о граничним вредностима загађујућих материја у површинским и подземним водама и седименту и роковима за њихово достизање („Сл. гласник РС“, бр. 50/2012)

**Правилник о параметрима еколошког и хемијског статуса површинских вода и параметрима хемијског и квантитативног статуса подземних вода („Сл. гласник РС“, бр. 74/2011, 2011)

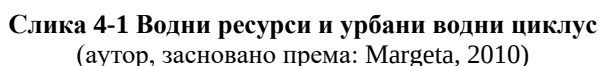
За мерно место Свође је установљено, да је већина наведених параметара анализираних у посматраном петогодишњем периоду у оквирима I и II класе, док се једино код нитрита и нитрата у 2014. години јављају концентрације које одговарају III класи квалитета.

4 ВОДНИ РЕСУРСИ И ВОДОСНАБДЕВАЊЕ НАСЕЉА

4.1 Водни ресурси за водоснабдевање насељених места

Човекове животне и радне околности утичу на постојање насеља, у којима је вода предуслов за основне животне потребе и делатности (Vasović & Stanković, 2011). Са напретком људског друштва, јавља се и повећана потреба за трансформацијом и ефикасношћу насеља, те неопходношћу за прикупљање воде из слатководних ресурса, дистрибуције воде преко транспортних канала и расподеле међу становништвом (Stanković & Petrović, 2023). У складу са овим захтевима, изграђују се водоводни системи, односно водоводи, који имају значајну улогу како у урбаним, тако и у руралним срединама (ЕРА, 2016). Према економским класификацијама, сектор водоснабдевања односи се на комунална предузећа која обезбеђују свежу воду зградама и другим ентитетима који су повезани са јавним системом водоснабдевања (Hoekstra, 2015). Након изградње, ови системи не само да пружају екосистемске услуге, односно услуге снабдевања корисницима на подручју за које су предвиђени, већ такође имају повратни утицај на будући развој, умножавањем економских фактора и подстицањем општег развоја окружења (Stanković & Petrović, 2023). Водоводни систем треба да обезбеди насељима адекватне количине воде, одговарајућег квалитета и под одређеним притиском (Margeta, 2010).

Из тог разлога је потребан развој целокупног низа објеката и инфраструктуре која се назива урбани водоводни систем (УВС), без којих би живот у насељеним местима био неодржив. Градски водоводи имају три основне функције (Слика 4-1) и то: снабдевање водом за пиће, одвођење и обрада отпадних вода, а у одређеним случајевима и пречишћавање, атмосферских вода тј. падавина (Margeta, 2010). Вода која се свакодневно доводи у УВС, а након употребе поново враћа у реципијенте, потиче из различитих водних ресурса. Уколико се јави дефицит воде у неким водним ресурсима у оквиру УВС, онда се пречишћена вода поново употребљава, односно циркулише између подсистема одводњавања и снабдевања. УВС је конструисан водни систем који је директно повезан са хидролошким системом речних сливова. Такав систем се сматра неодвојивим делом хидролошког система речних сливова, који троши водне ресурсе, мењајући њихов квалитет и режим протицаја (Dziegielewski, 2003; Margeta, 2010).



- количина воде,
- квалитет воде,
- цена услуга и
- безбедност система.

49

прекинути или нарушити из различитих разлога, укључујући техничке несавршености, антропогене факторе, али и екстремне хидролошке појаве (Stanković и остали, 2022; Stanković & Petrović, 2023). У таквим случајевима, водовод је дужан да одмах примени неопходне кораке како би реаговао на настали проблем и наставио континуирану испоруку воде. Ово укључује следеће мере (De Groot и остали, 2010; Đurđević, M., 2009; Stanković и остали, 2019):

- Обезбеђивање привременог снабдевања водом из алтернативних извора, као што су цистерне или други резервоари, како би се осигурало неометано пружање услуга док се главни проблем не реши;
- Ангажовање специјализованог особља из ЈКП које ће анализирати и елиминисати узрок проблема у испоруци воде.

Постојано и ефикасно решавање проблема испоруке воде од стране водовода од суштинског је значаја за друштво, као и за комуналну и индустријску сферу, јер осигурава нормалан живот и одржава одговарајуће услове за стабилно пословање. Сакупљање података о квалитету воде је кључни аспект за заштиту водних ресурса и одрживу употребу воде. Стално праћење, одговорност и способност да се реагује на потенцијалне проблеме су од изузетног значаја за осигурање безбедности и одрживости система испоруке воде.

4.2 Кратак преглед водопривредне основе у Републици Србији

Основни циљ у области водопривредне и хидротехничке инфраструктуре представља одрживо и интегрално управљање водним ресурсима. Обавезе јавних водопривредних предузећа су обухватање управљања водопривредним објектима који су под њиховом надлежношћу. Ови објекти укључују, пре свега, грађевинске структуре и опрему која се користи у функцији заштите од штетних утицаја воде, усмеравања водног тока, управљања резервоарима и каналима, као и осигурања водоснабдевања. Сектор водопривреде је укључен у широк спектар активности које имају за циљ ефикасно управљање водним ресурсима и обезбеђење функционалности водних система. Водопривредна предузећа имају широк спектар задатака, укључујући управљање водним ресурсима, организовање одбране од поплава, спречавање загађења вода, заштиту од ерозија и бујица, одржавање и реконструкцију водопривредних објеката, управљање каналском мрежом за наводњавање и одводњавање, планирање и

истраживање у водопривреди, вођење информационог система и извршавање међудржавних споразума (Јаковљевић, 2006).

Концепт заједничког снабдевања водом и каналисања насеља има дугу традицију на територији Републике Србије, обухватајући различите историјске периоде као што су Римско царство, Византија, период власти Османског царства итд. Међутим, иако су ови технички системи наизглед модерни, они су служили само мањем делу становништва, углавном насељеном у градовима, дворовима или верским објектима. Већина људи је своје водоснабдевање остваривала индивидуално, ослањајући се на изворе воде у непосредном окружењу, при чему су бирали локације за становање близу воде (ИБ „Јарослав Черни“, 2001).

Водопривредни развој у Републици Србији је углавном пратио потребе и могућности друштва (ИБ „Јарослав Черни“, 2001). Крајем 19. века дошло је до појаве првих, савременијих водовода. Када је 1965. године на нивоу Југославије донет Закон о водама, тада су озваничене обавезе о изради водопривредних основа, које су представљале дугорочне планове за развој и одржавање водног режима на једном или више водних подручја. Без обзира на све изазове и проблеме у којима се наредних неколико година држава налазила, успешно је урађена документација која је систематизовала доступне подлоге, а које су садржале материјал природних и друштвено-економских чинилаца (Дивац, 2022). Поред тога урађен је и преглед постојећих водопривредних система на територији целе државе, који је подразумевао систематизацију свих водопривредних објеката, постројења и система, заштиту воде од контаминације, могућност изградње нових акумулација, економских проблема, легислатива (ИБ „Јарослав Черни“, 2001).

Као језгро Балканског полуострва, Република Србија се сусреће са различитим изазовима у области водоснабдевања (САНУ, 2022). Становништво и индустрија у земљи зависе од различитих извора воде, укључујући реке, језера и подземне водне резерве (SEPA, 2021). Међутим, постоје одређени проблеми и недостаци у водном сектору. Један од главних изазова је стара и често оштећена водоводна инфраструктура, која резултује губицима воде и неефикасним снабдевањем. Велики део постојећих мрежа за водоснабдевање и канализацију захтева реконструкцију и модернизацију. Такође, недостатак редовног одржавања и промовисање ефикасне управе водним ресурсима доприноси проблемима у сектору (Кнежевић, 2022; МГСИ, 2021; „Sl. glasnik RS“, br. 3/2017, 2015). Додатни изазов представља и квалитет воде. Загађење из различитих извора, укључујући индустрију и саобраћај, може негативно утицати на

квалитет воде и угрозити здравље људи и екосистеме (SEPA, 2023b). Неопходно је улагати у надгледање и контролу квалитета сирове површинске воде, као и у мере за смањење загађења и заштиту водних ресурса (Васовић, 2016). Поред тога, постоји и регионална различитост у доступности воде у различитим деловима земље. Док су нека насеља и региони добро снабдевана водом, друга су изложена водном дефициту и имају проблеме са константним приступом чистој води (ИБ „Јарослав Черни“, 2001).

Просторни план Републике Србије од 2021. до 2035. године (ППРС) ставља посебан нагласак на сектор водопривреде као приоритетан за развој. Овај сектор има за циљ да оствари штедњу, рационално коришћење и заштиту водних ресурса, посебно оних који су дефицитарни и стратешки значајни за животну средину, укључујући површинске и подземне воде, који доприносе квалитету живота. Према овом плану, основни принципи за развој водопривредне инфраструктуре, који се разликују у зависности од региона, укључују (МГСИ, 2021):

- Интегрално планирање и управљање регионалним системима који омогућавају контролу, коришћење и заштиту водних ресурса.
- Развој хидроенергетских и пловидбених система како би се искористили потенцијали водних ресурса.
- Интензивирање хидротехничких активности које се односе на регулисање бујичних речних токова и заштиту од поплава.
- Побољшање водоснабдевања у насељеним областима.
- Развој система за наводњавање и одводњавање, као и
- Санитарна заштита изворишта и сливова.

Усмерени на постизање одрживог развоја водних ресурса и у сагласности са ППРС од 2021. до 2035. године, циљеви оријентисани ка климатским променама имају веома суштинску улогу. Ови циљеви подразумевају различите аспекте, међу којима је и анализа будућих ризика и рањивости водних ресурса и водопривреде у односу на климатске промене. Поред тога, специфичне мере које се односе на водне ресурсе и водопривреду, укључују и ограничење изградње нових објеката у плавним зонама и побољшање заштите водних тела која се налазе близу великих насеља. Такође, активне мере заштите, попут ретензије, су важан фокус ових стратегија. У том контексту, један од циљева је успостављање директних веза између секторских ризика и њиховог утицаја на промене климе, чиме се омогућава утврђивање мера адаптације и/или митигације. Овакав приступ се синхронизује са стратегијама за унапређење водопривредне инфраструктуре, које се преферирају у различитим регионима као

одговор на потребе одрживог управљања водама, од њиховог коришћења до заштите од загађења (МГСИ, 2021).

Укључивање одрживих пракси и развој нових стратегија водног управљања, као и инвестиције у модернизацију инфраструктуре и заштиту водних ресурса, представљају битне кораке ка унапређењу стања водоснабдевања у Србији и осигурању одрживог и сигурног приступа води за све грађане.

4.3 Квалитет и класификација водних ресурса у Републици Србији

Све интензивнији процеси урбанизације, климатски и антропогени утицаји на природне ресурсе, имају за последицу и контаминацију површинских и подземних водних ресурса (Duran-Encalada и остали, 2017; Meride & Ayenew, 2016; Young и остали, 1994). Услед повећане потребе, прехранбене индустрије и комуналних предузећа која се баве водоснабдевањем, за чистом водом, изузетно су важни процеси третирања и мониторинга сирове воде, путем којих се благовремено прате и елиминишу супстанце које могу допринети погоршању квалитативног и квантитативног састава воде (Cibulić и остали, 2015).

У оквиру анализе процене квалитета водних ресурса, есенцијално је разматрати аспекте који примарно утичу на заштиту водних ресурса, што представља изазовну и комплексну тему у области научних истраживања. Заштита водних ресурса подразумева усмерено дејство у циљу одржавања, одбране и конзервације њиховог природног стања, с чиме се превенцијом деструктивних утицаја на ове ресурсе омогућује њихова оптимална и одржива употреба у будућности (SDWF, 2016; US EPA, 2015). С друге стране, анализа се не ограничава само на текуће стање водних ресурса, већ се проширује и на прогнозирање будућег квалитета, при чему у знатној мери утичу различити природни фактори који су непосредно и/или посредно повезани са окружењем водних ресурса (SEPA, 2023a). Кључни природни фактори који имају значајан утицај на прогнозирање будућег квалитета укључују, али се на њих не ограничавају, састав седимената на дну водотока, екстремне хидролошке појаве, температуру воде и друге параметре који рефлектују физичка и хемијска својства водног окружења (Hamid и остали, 2019; Khatri & Tyagi, 2015; Lintern и остали, 2018). Састав седимената је битан фактор који утиче на квалитет водних ресурса, посебно у случају када су седименти загађени или имају варијације у свом хемијском саставу.

Екстремне падавине имају суштински утицај на динамику водотокова и кретање воде, што може утицати на разлагање материјала и пренос загађујућих супстанци у водама. Температура, као још један значајан параметар, такође може имати значајан утицај на биолошке процесе у водама и утицати на њихов квалитет (Khatri & Tyagi, 2015; Lintern и остали, 2018; SDWF, 2016). Наведени природни фактори не представљају јединствену листу, јер постоје и други аспекти који такође могу бити укључени у прогнозу будућег квалитета водних ресурса (Hamid и остали, 2019).

Квалитет воде се дефинише као њена прикладност за одређену употребу, која се одређује на основу бројних параметара, који представљају мерљиве физичке, хемијске и биолошке карактеристике воде. Физички параметри укључују својства као што су боја, мирис, температура, мутноћа и друге. Хемијски параметри обухватају различита хемијска једињења, попут рН вредности, хемијске потрошње кисеоника (ХПК), амонијака, нитрата, нитрита, мангана и осталих. Биолошки параметри, на другој страни, односе се на присуство различитих организама као што су бактерије. Ови параметри могу потицати из различитих извора, укључујући промене у животној средини, промене у коришћењу земљишта, промене у индустријским процесима, утицај привредних делатности, као и антропогене активности. Одговарајућа анализа параметара квалитета воде је од изузетног значаја за одређивање нивоа загађења и за заштиту животне средине и људског здравља (AWWA, 1999).

У циљу заштите и унапређења квалитета површинских вода у Републици Србији, спроводи се процес класификације и категоризације водних тела површинских вода, при чему се она разврставају у различите категорије према њиховом еколошком и хемијском статусу. Паралелно са тим, врши се и класификација и категоризација водних тела подземних вода услед адекватне заштите и побољшања квалитета подземних вода, при чему се њихова припадност одређеним категоријама условљава квантитативним и хемијским карактеристикама (Група аутора, 2021; SEPA, 2021, 2023b). Правилником о утврђивању водних тела површинских и подземних вода („Сл. гласник РС“, бр. 96/10, 2010) утврђене су основе за детерминацију значајних водних тела површинских вода у Републици Србији. Овај систем је од суштинског значаја за утврђивање трендова и ефикасности мера заштите, дефинисање мера за унапређење еколошког статуса, као и укључивање мера заштите у просторне и економске планове (Радовић & Вељковић, 2015; „Сл. гласник РС“, бр. 96/10, 2010). Еколошки статус водних тела се категорише према Правилнику о параметрима еколошког и хемијског статуса површинских вода и параметрима хемијског и квантитативног статуса

подземних вода, као („Сл. гласник РС“, бр. 74/2011, 2011; „Сл. гласник РС“, бр. 96/10, 2010):

- Одличан еколошки статус (I) – вода одличног квалитета, са незнатним утицајем људских активности;
- Дobar еколошки статус (II) – вода доброг квалитета, са мањим утицајем људских активности;
- Умерен еколошки статус (III) – вода задовољава минималне еколошке услове, али је под утицајем људских активности;
- Слаб еколошки статус (IV) – квалитет воде је значајно нарушен утицајем људских активности;
- Лош еколошки статус (V) – вода не задовољава минималне еколошке услове и озбиљно је угрожена људским активностима.

Процес категоризација се врши на основу (Радовић & Вељковић, 2015; „Сл. гласник РС“, бр. 74/2011, 2011; „Сл. гласник РС“, бр. 96/10, 2010):

- Биолошких показатеља – врсте и квантитет биљака и животиња у води;
- Физичко-хемијских показатеља – концентрација кисеоника, Рн вредност, хранљиве материје, остали хемијски параметри;
- Хидроморфолошких показатеља – карактеристике дна, проток воде, дубина.

Водна тела се класификују према два основна критеријума (Радовић & Вељковић, 2015; „Сл. гласник РС“, бр. 74/2011, 2011; „Сл. гласник РС“, бр. 96/10, 2010):

- Тип водног тела – реке, језера, канали, мочваре;
- Хидроморфолошки тип – тип 1: реке са брзим протоком и каменитим дном; тип 2: реке са спорим протоком и пешчаним или глиновитим дном; тип 3: језера са дубоким дном; тип 4: језера са плитким дном; тип 5: мочваре.

Класификација водних тела се врши на основу географских карактеристика (локација, надморска висина, геолошка подлога), хидролошких карактеристика (проток воде, дубина, површина), морфолошких карактеристика (карактеристике дна, обала) („Сл. гласник РС“, бр. 74/2011, 2011; „Сл. гласник РС“, бр. 96/10, 2010).

Сагласно законским одредбама из Закона о водама („Сл. гласник РС“, бр. 95/2018 – др. закон), усвојен је Правилник о параметрима еколошког и хемијског статуса површинских и подземних вода, који детаљно прописује параметере према којима је извршена оцена статуса површинских и подземних вода, и то („Сл. гласник РС“, бр. 74/2011, 2011; Стојановић, М. и остали, 2021):

- параметре који се користе за одређивање еколошког и хемијског статуса језера и река,
- параметре еколошког потенцијала који су примењени на вештачка водна тела и изузетно промењена водна тела и
- параметре који се односе на хемијски и квантитативни статус подземних вода.

Оцена статуса воде укључује различите аспекте квалитета, обухватајући индикаторе који се сврставају у три основне групе: хемијске, биолошке, хидроморфолошке, као и физичко-хемијске. Еколошки статус река и језера се према наведеном Правилнику класификује на 5 класа – I (одличан), II (добар), III (умерен), IV (слаб) и V (лош) („Сл. гласник РС“, бр. 74/2011, 2011; Стојановић, М. и остали, 2021; Vasović и остали, 2019b).

Према последњем „Извештају о здравственој исправности воде за пиће јавних водовода и водних објеката у Републици Србији за 2021. годину“ коју Институт за јавно здравље Србије „Др Милан Јовановић Батут“ редовно објављује, уочено је да се број испитивања квалитета сирове површинске воде јавних комуналних предузећа која врше водоснабдевање у градским насељима повећао, док се у сеоским насељима смањило, у односу на претходну годину (Кнежевић, 2022).

Утврђивање суштинских варијабли и применљивих методологија за прогнозирање квалитета водних ресурса представља веома значајан изазов за научну заједницу у циљу заштите и одрживог управљања овим драгоценим природним ресурсима.

4.3.1 Осврт на квалитет воде која се испоручује потрошачима у водоводном систему Ниша

У оквиру испитивања квалитета Нишког водоводног система (НИВОС) врши се поред испитивања квалитета сирове и испитивање квалитета пречишћене воде са изворишта „Медијана“. Испитивање квалитета финалне воде која се испоручује потрошачима у водоводном систему града Ниша спроводи се путем програма који је усклађен са захтевима прописаног Правилника о хигијенској исправности воде за пиће („Сл. лист СРЈ“, бр. 42/98 и 44/99 и „Сл. Гласник РС“, бр. 28/2019). Лабораторијска испитивања квалитета финалне воде, која се узима са изворишта „Медијана“ за јавно водоснабдевање града, обављају акредитоване лабораторије ЈКП-а „Naissus“ и Института за јавно здравље Србије „Др Милан Јовановић Батут“. По потреби се

ангажује и лабораторија Института за нуклеарне науке „Винча“ из Винче. Лабораторија ЈКП „Naissus“ годишње изврши око 600 физичко-хемијских и микробиолошких анализа узорка финалне воде за пиће (ЈКП “Naissus” Ниш, 2017).

Овај поступак обухвата различите параметре, укључујући хемијске, биолошке и физичке анализе, које омогућавају процену безбедности воде за пиће. Резултати истраживања о квалитету воде придружени су прописаним вредностима и граничним вредностима за сваки анализирани параметар, што омогућава процену да ли вода задовољава прописане стандарде и да ли је безбедна за потрошњу (Gocic & Trajkovic, 2013). Квалитет сирове и финалне воде се редовно прати, што омогућава непрекидно снабдевање становништва безбедном водом за пиће у оквиру градског водоводног система. Испитивање квалитета сирове површинске воде и методе анализе параметара спроводе се у складу са прописаним стандардима утврђеним Правилником о начину узимања узорка и методама за лабораторијску анализу воде за пиће („Сл. лист СФРЈ“ бр. 33/87), као и уз акредитацију лабораторије и метода испитивања (ЈКП “Naissus” Ниш, 2017; Brankovic и остали, 2009). Овај поступак осигурава да су анализе воде поуздане и тачне, омогућавајући правилну процену квалитета сирове површинске воде која се након третмана користи као вода за пиће, што је од суштинског значаја за заштиту здравља потрошача.

На основу лабораторијских испитивања „В“ обима физичко-хемијских параметара узорци финалне воде са изворишта „Медијана“ одговарају захтеваном квалитету воде за пиће, по свим испитиваним параметрима, односно у границама су максимално дозвољених вредности. Сагласно резултатима закључак је да је финална вода са изворишта „Медијана“ погодна за водоснабдевања, где је потребно извршити поступак финалне обраде воде у виду дезинфекције хлорисањем, ради подизања квалитета финалне воде на прихватљиви ниво (ЈКП “Naissus” Ниш, 2017; Brankovic и остали, 2009; Brankovic & Trajkovic, 2007; Gocic & Trajkovic, 2013; Trajkovic и остали, 2008).

4.3.2 Осврт на квалитет воде која се испоручује потрошачима у водоводном систему Власотинца

У складу са важећом законском нормативом Републике Србије утврђене су мере за ефикасну заштиту изворишта која обезбеђује водоснабдевање општине Власотинце. Прописима је предвиђена подела територије на зоне санитарне заштите изворишта, чија

површина износи 2,44 хектара, са одређеним прописима који регулишу активности унутар сваке зоне (Vodotehnika, 2012).

У периоду од приближно 3 деценије експлоатације изворишта за водоснабдевање Власотинца, које укључује и извориште „Власина“ на реци Власини, није забележена присутност потенцијалних постојаних загађивача у водном басену изворишта. Цео слив Власине се одликује великом густином хидрографске мреже, односно испресецаношћу терена, у чијем саставу је више притока чији је квалитет воде варира између класе II и III (Општина Власотинце, 2023b; „Сл. гласник РС“, бр. 72/2023, 2023; „Сл. гласник РС“, бр. 74/2011, 2011; Vodotehnika, 2012).

Према подацима из *Елабората о зонама санитарне заштите изворишта водоснабдевања Власотинце*, неусаглашености са прописаним нормама за квалитет водотока II класе се углавном изражавају кроз повишене вредности органске материје, које су оцењене помоћу потребне количине KMnO_4 , што је преовлађујуће на већини истраживаних локација. Додатно, забележене су увећане присутности из групе метала, односно повећане су количине гвожђа и алуминијума. Ове вредности су након примене процеса филтрације за уклањање мутноће усаглашене са дозвољеним границама. За посматрано извориште је карактеристична промена квалитета сирове воде приликом екстремних хидролошких појава, односно појачаног интензитета и периода трајања падавина, отапања снегова, као и испирање узводног терена. На пример, услед повећаног водостаја реке Власине долази до преливања таложника које проузоркује прекид рада водозахвата, а самим тим и прекид дотока сирове воде до постројења. Са друге стране, промене квалитета сирове воде приликом осцилација запреминских протицаја се очекује након 2 до 3 сата од почетка екстремних падавина у горњем делу слива, што указује на то да процеси испирања крећу на око 5 до 15 km узводно од водозахвата сирове воде (Vodotehnika, 2012). Иако су наведене промене вредности параметара сирове воде генерално у опсегу који је могуће обрадити технолошким поступцима пречишћавања до нивоа допустивих за коришћење у основној функцији – снабдевање становништва квалитетном водом за пиће, потребно је повећати капацитете за захватање и третман сирове воде, како би се у будућности задовољиле потребе за водом (Vodotehnika, 2012).

4.4 Водоводни систем ЈКП „Naissus“ – Ниш

Град Ниш се простире на површини од око 596 km² (РЗС, 2021), на подручју долина, односно алувијалних равни река Нишаве и Јужне Мораве, које су значајни водотоци и део Нишког неогеног басена (ЈКП “Naissus” Ниш, 2017). Административно подручје града Ниша обухвата приближно 249.501 становника, на основу статистичких података из пописа спроведеног у 2022. години, док је град сам по себи имао популацију од приближно 178.976 становника (РЗС, 2022). Иако су раније, према археолошким налазима пронађени и историјским записима постојали водоводни објекти (RHMZ, 2023), тек изградњом градског водовода 1937. године на локацији Медијана на којој се и данас налази, започиње снабдевање града водом за пиће одговарајућег квалитета (ЈКП „Naissus“, 2023a).

Водоснабдевање града се врши из више система путем разгранате дистрибутивне мреже, великог броја пумпних станица и резервоара. Тренутно, водоводни систем јавног комуналног предузећа „Naissus“ (ЈКП „Naissus“) снабдевање водом становништва и индустрије на територији града врши кроз два система (ЈКП “Naissus” Ниш, 2017):

- НИВОС – нишки водоводни систем и
- МОВОС – моравски водоводни систем који је значајно мањи у поређењу са првим и снабдева околна сеоска насеља водом за пиће.

Јединствени систем регионалног карактера НИВОС, чије су потребе за водом у просеку 1140 l/s (Димкић и остали, 2021), снабдевање града водом за пиће (Слика 4-2) извршава путем три територијално одвојена, али функционално уско повезана водоводна система. Први водоводни систем носи назив „Медијана“ и користи подземне изворе воде који се допуњују пречишћеном сировом водом из реке Нишаве. Капацитет овог система је у опсегу од 100 до 500 l/s. Други водоводни систем, познат под називом „Студена“, обухвата природни карстни извор и повезан цевоводни систем са припадајућим објектима. Капацитет овог система се креће у распону од 220 до 340 l/s.



Слика 4-2 Диспозиција изворишта НИВОС-а
(извор: Дивац, 2022)

Трећи водоводни систем се назива „Љуберађа-Ниш“ и састоји се од низа природних карстних извора Крупац, Мокра, Дивљана и Љуберађа, и доводног цевовода са објектима. Капацитет овог система је у опсегу од 800 до 1450 l/s (Branković и остали, 2009; ЈКР „Naissus“, 2023b).

Водоводни сектор ЈКП „Naissus“ за мерно место Ниш се састоји из четири службе и то (ЈКП “Naissus” Ниш, 2019):

- СКАДА система;
- Производње воде на изворишту „Медијана“;
- Производње воде на извориштима и дистрибуцији воде и
- Електро-машинског одржавања.

Акредитована служба санитарне контроле са лабораторијом као самостална организациона целина састоји се из (ЈКП “Naissus” Ниш, 2019):

- Одељења узорковања;
- Одељења физичко хемијске лабораторије;
- Одељења лабораторије за микробиолошко испитивање квалитета сирове површинске воде.

Изворишта НИВОС-а обезбеђују водом око 240.000 становника и комплексну индустрију у Нишу, са протицајем воде у дистрибутивном систему од $37.732.608 \text{ m}^3$ годишње, што износи 103.377 m^3 дневно. Првенствено због карстних изворишта која током године углавном задовољавају квалитет и квантитет снабдевања водом за пиће,

функционисање овог система одликује се поузданошћу и стабилношћу, обезбеђеног високим нивоом контроле квалитета сирове површинске воде (ЈКР „Naissus“, 2023b). Са циљем мониторинга исправности воде, годишње се спроводи преко 16 хиљада контрола финалне воде из водоводне мреже у лабораторијама Института за јавно здравље за мерно место Ниш и ЈКП „Naissus“ (СГН, 2020).

4.5 Водоводни систем ЈКП „Водовод“ – Власотинце

Градско насеље Власотинце се простире на површини од око 308 km² (РЗС, 2021), на подручју долине реке Власине, у југоисточном делу Републике Србије, на приближно 15 km од Лесковца у Јабланичком округу (Бига и остали, 2014). Административно подручје Власотинца обухвата приближно 25.849 становника, на основу статистичких података из пописа спроведеног у 2022. години (РЗС, 2022).

На територији општине Власотинце, је делимично решен проблем снабдевања водом. Насеље Власотинце и његова околина обезбеђују снабдевање водом преко организованог водног система. Главни извор воде је водозахват у кориту реке Власине, који се налази у селу Бољаре, на удаљености од приближно 3 km узводно од насеља Власотинце. Ова систематизована водоводна мрежа у оквиру општине Власотинце има примарни фокус на насеље Власотинце као главни општински центар, а такође и на неколико околних насеља. Испорука воде организована је преко градског водоводног система, који се додатно простире на различита периферна насеља у општини. Овај градски систем за снабдевање водом обухвата разноврсне објекте и инфраструктуру, омогућавајући протицај и дистрибуцију воде ради задовољења потреба становништва и пословних објеката у овом региону (СОВ, 2021).

Почетком шездесетих, постојала је намера да се реше проблеми снабдевања водом Ниша, Лесковца и Власотинца путем изградње акумулације на реци Власини. Међутим, након детаљнијег анализирања постојећег стања, уочено је да би економски оправданије било изградити акумулацију „Селова“ на реци Топлици. У периоду од 1964. године, започета је изградња „Старог водовода“ на подручју познатом као „Луке“. Захваљујући изградњи забрана – јаза код млина за мерно место Свође, овај пројекат је искористио значајне количине подземних вода. Избор таквог постројења за пречишћавање воде, капацитета од 35 l/s био је оправдан и довољан да осигура снабдевање становништва и бројних новоизграђених индустријских објеката, водом из

реке Власине чији је квалитет тада припадао првој класи (ЈКП „Водовод“ Власотинце, 2023).

Иако су се 1980. године јавиле веће потребе за снабдевање водом за пиће које су могле бити покривене из водосистема Љуберађа – Ниш, тадашњи надлежни органи су се фокусирали на истраживање подземних вода, водотока Власине, Козарачке, Бистричке и Раставничке реке, као и на акумулацију „Барје“ на реци Ветерници, која је тада била у изградњи (ЈКП „Водовод“ Власотинце, 2023). Институт за водопривреду „Јарослав Черни“ је извршио детаљну анализу хидрауличног режима Власине, од ушћа у реку Јужну Мораву до села Бољаре, и приступио експертизи о снабдевању водом Власотинца, након катастрофалне поплаве 1988. године, када је уништено тадашње постројење „Лука“. Привремено решење подразумевало је извориште водоснабдевања – захватање сирове воде из Власине помоћу цевовода са слободним падом, која се транспортовала до црпне станице сирове воде, одакле се након тога пумпала до постројења за пречишћавање воде „Нерезине“, чији је капацитет 120 l/s (Дивац, 2022; ЈКП „Водовод“ Власотинце, 2023). Због флексибилнијег рада, постројење „Нерезине“ у свом саставу има две паралелне линије за прераду воде, од којих је свака капацитета 60 l/s, чиме се обезбеђује виши ниво поузданости рада постројења (Vodotehnika, 2012).

Од 1995. године фабрика за прераду и дистрибуцију воде „Нерезине“ капацитета 120 l/s постаје веома значајна за водоснабдевање Власотинца. На наведени водоводни систем се до данас, поред градског насеља Власотинце, прикључило неколико села која се налазе у близини и то: Бољаре, Шишава, Доња Ломница, Орашје, Манастириште и Кукавица (Петровић и остали, 2011). Важно је нагласити да се у контексту водоснабдевања сеоских насеља, као и самог Власотинца, још увек јављају изазови у вези третмана сирове воде у условима екстремних хидролошких појава.

Тренутно на територији општине, постоји 12 насеља која уживају предности организованог снабдевања водом преко јавног водоводног система. У овим насељима, вода се обезбеђује кроз централни и структуриран водоводни систем који је под контролом локалних власти или надлежних јавних организација. Супротно томе, на подручју општине, постоји још 36 насеља у којима не постоји организовано снабдевање водом (СОВ, 2021). У таквим насељима, становништво и други структурни објекти морају се обезбедити водом на неки други начин, најчешће користећи воду из индивидуалних бунара, која често не задовољава прописане услове за хигијенску употребу (Vodotehnika, 2012).

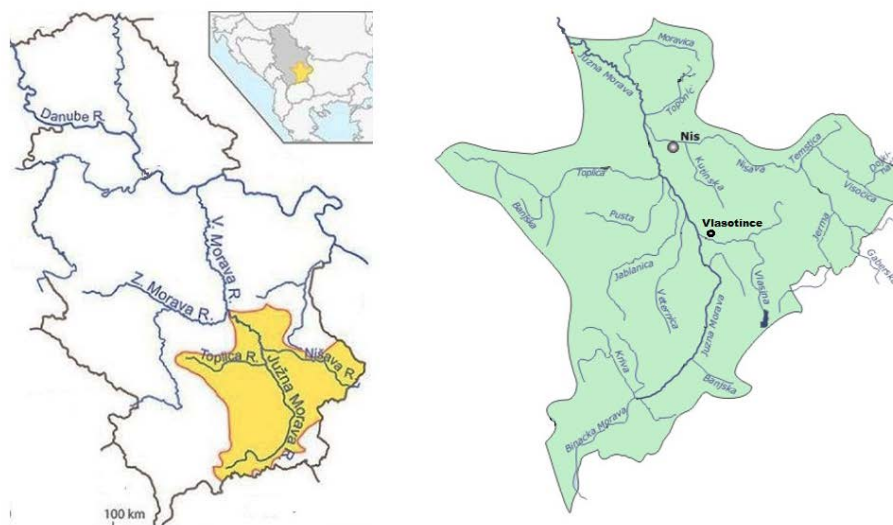
Из тог разлога ЈКП „Водовод“ Власотинце интензивно ради на обновама и иновацијама које су неопходне у оквиру технолошког процеса прераде сирове воде. Ово подразумева увођење нових и савременијих технологија и опреме за третман сирове воде, са циљем да се гарантује квалитет воде који у складу је са законским прописима, чак и у условима када је улазна сирова вода неоптималног квалитета („Sl. list SRJ“, br. 42/98 i 44/99 i „Sl. glasnik RS“, br. 28/2019; Vodotehnika, 2012).

**5 ОПИС И КАРАКТЕРИСТИКЕ ПОСМАТРАНОГ СЛИВНОГ
ПОДРУЧЈА – ОДАБРАНИХ ИЗВОРИШТА ВОДОСНАБДЕВАЊА
„МЕДИЈАНА“ И „ВЛАСИНА“**

5.1 Карактеризација сливног подручја Јужне Мораве

Околина реке Јужне Мораве дужине 304 km, која се сматра једном од најзначајнијих река у Републици Србији, заједно са њеном саставницом Западном Моравом образује Велику Мораву (Слика 5-1), представља област Јужноморавског басена (Трајковић и остали, 2020). Површина слива овог басена обухвата око 15.469 km², од чега око 14.232 km² припада Републици Србији, а око 1.237 km² се налази на територији Бугарске (Булатовић и Станковски, 2012).

Топографски облик Јужноморавског басена представља комплексни систем који укључује више клисура, међу којима се налазе Кончуљска, Грделичка и Сталаћка клисура, као и различите котлине, укључујући Гњиланску, Врањску, Лесковачку, Нишку и Алексиначку котлину. Главне десне притоке Јужне Мораве укључују Власину, Нишаву и Моравицу (познату и као Сокобањска река), док су леве притоке Ветерница, Јабланица, Пуста река и Топлица (Булатовић & Станковски, 2012; ВРС, 2014; Трајковић и остали, 2020).



Слика 5-1 Слив Јужне Мораве
(аутор, засновано према: РХМЗ, 2023)

Квалитет земљишта у оквиру Јужноморавског басена разликује се у зависности од конкретне области. На пример, већи део Нишког поља састоји се од смонице и плодних наплавина на обалама реке Јужне Мораве. С обзиром на планински део у регијама Ниша и Лесковца, источно од реке Јужне Мораве, доминирају планинске црнице. Лесковачко поље карактеришу бескарбонатна смеђа земљишта и плодне наплавине на обалама Јужне Мораве, док земљиште у региону Врања чине плодне наплавине на

обалама Јужне Мораве, планинске црнице у брдском делу и силикатна и хумусно-карбонатна земљишта у планинским областима на трограници између Бугарске, Северне Македоније и Републике Србије. У пределу Јужне Мораве преовладава умерено-континентална клима (Булатовић и Станковски, 2012).

Јужна Морава је река која се карактерише типичним особинама равничарских река, обилујући многобројним меандрима и спрудовима, при чему је количина воде релативно умерена. Хидролошки режим Јужне Мораве дефинисан је варијабилним протицајем воде, измерених на водомерној станици Корвин град. Подаци показују да је минималан протицај, обележен као $Q_{\min} = 4,48 \text{ m}^3/\text{s}$, средњи протицај, означен са $Q_{\text{sr}} = 56,88 \text{ m}^3/\text{s}$, док максималан протицај, означен са $Q_{\max}$, достиже вредност од $1905 \text{ m}^3/\text{s}$ (СГН, 2020). Протоци воде су од кључног значаја за планирање и одрживо управљање водним ресурсима у овој области, пружајући основу за примену различитих мера и акција за смањење ризика од екстремних хидролошких појава, унапређење водоснабдевања и управљање речним коритом.

Највиши протоци Јужне Мораве уочавају се у марту, након зимског периода који је повезан са отапањем снежног покривача, док минимални протоци наступају у августу, због смањене количине падавина у летњем периоду и знатног испаравања воде услед високих температура. Такав режим протицаја усклађен је са климатским условима региона и присутним хидролошким процесима, што утиче на водни режим и динамику реке Нишаве на подручју Ниша (СГН, 2020). Важно је нагласити да, иако водна тела Јужне Мораве углавном припадају II и III категорији еколошког статуса, неопходно је постојање редовног мониторинга ради ефикасног управљања и осигуравања оптималне испоруке воде за потребе насеља и индустрије на овом подручју („Сл. гласник РС“, бр. 72/2023, 2023; „Сл. гласник РС“, бр. 74/2011, 2011).

У периоду од 2005. до 2008. године, на захтев јавног водоводног предузећа „Србијаводе“ (ЈВП „Србијаводе“) започети су и успешно завршни комплексни генерални пројекти од стране Института „Јарослав Черни“, који су се односили на уређење и управљање Јужном Моравом од Грделице до њеног састава са Западном Моравом, као и целим током Западне и Велике Мораве (Дивац, 2022; Србијаводе, 2023). Основни циљ израде ових пројеката био је детаљно проучавање стања и динамике водотока, са фокусом на проблеме и изазове са којима се сусрећу ова подручја. Овај подухват обухватио је широк спектар активности и истраживања која су имала за циљ да се добију детаљни подаци о хидролошким карактеристикама слива, укључујући количину воде у различитим временским периодима, хидролошке режиме

и дефинисање учесталости појављивања поплава. На основу добијених података и анализа, предложене су одговарајуће мере и акције које би допринеле унапређењу заштите инфраструктуре, насеља и пољопривредних земљишта од негативних ефеката као што су поплаве и ерозија (Дивац, 2022). Овим пројектима је сагледан комплексан хидролошки систем и предложена су адекватна решења управљања водним ресурсима са циљем осигуравања доступности и одрживости водних токова у наведеним рекама, што је од изузетног значаја за одрживи развој и заштиту животне средине на посматраном подручју.

5.2 Основне карактеристике изворишта „Медијана“ – Ниш

Једно од истраживаних подручја, која су предмет анализе ове дисертације, представља инфилтрационо извориште „Медијана“ (Слика 5-2) познатије и као „*златна резерва нишког водовода*“. Само извориште на мерном месту Ниш (шифра водног тела NIS_1_ B) је категорисано као природно водно тело, које улази у састав водотока Нишава (тип 2) као део Црноморског слива („Сл. гласник РС“, бр. 72/2023, 2023; „Сл. гласник РС“, бр. 74/2011, 2011; SEPA, 2021).



Слика 5-2 Извориште „Медијана“
(аутор, засновано према: Google Map)

Седамдесетих година извориште „Медијана“ заузима кључно место у водоснабдевању, јер су од стране Института за водопривреду „Јарослав Черни“, урађени технички документи и изграђени сви објекти, захваљујући којим је капацитет

повећан на 650 l/s (Дивац, 2022; Trajković и остали, 2008). У поређењу са осталим извориштима (Љуберађа, Дивљана, Студена, Мокра, Крупац) која су део овог система, трошкови производње воде су знатно виши, због чега се Медијана користи као „вршно“, посебно у периодима појаве екстремно малих вода, смањене издашности или замућења карстних врела, као и хаварија на системима, што потврђује вишегодишње искуство (Дивац, 2022, ЈКП „Naissus“ Ниш, 2017). У таквим тренуцима, извориште „Медијана“ се максимално користи како би се задовољиле потребе становништва и индустрије за водом у датом подручју, пружајући поузданост и одрживост водоснабдевања током сезонских промена у хидролошким условима. Извориште „Медијана“ обухвата следеће компоненте (ЈКП „Naissus“ Ниш, 2017):

- Водоводни систем за узимање воде из реке Нишаве;
- Црпне станице за сирову воду;
- Постројење за предtretман воде, укључујући процесе коагулације, флокулације, таложења и брзе филтрације;
- Црпне станице са ниским притиском и цевовод који врши пренос воде до инфилтрационих базена;
- Девет инфилтрационих базена са укупном површином од око 27.000 m², уз присуство 67 цевастих бунара за узимање подземне воде и 400 m дренаже;
- Система преноса воде, тзв. натег, за акумулацију и трансфер захваћене воде до сабирних базена „Медијана 1“ и „Медијана 2“, као и натеча који повезују сабирне базене;
- Систем за хлорисање прикупљене воде;
- Црпне станице „Медијана 1“ и „Медијана 2“ и цевовод за дистрибуцију воде кроз водоводни систем;
- Систем заштите који укључује водонепропусну дијафрагму на јужној страни (према „ЕИ“ Ниш), пратећи систем дренажних бунара на спољној страни и хидрауличке завесе - хоризонталне дренаже према насељу Брзи Брод.

На основу наведених компоненти, закључује се да извориште функционише тако што се речна вода из реке Нишаве доводи до постројења за предtretман (Слика 5-3), где побољшава свој квалитет до потребног нивоа за наливање или инфилтрацију у подземну порозну средину. Вода се потом транспортује гравитационо или преко црпне станице ниског притиска до 9 инфилтрационих базена. Даље се вода инфилтрира у порозну средину, где се додатно пречишћава филтрацијом кроз шљунковито-песковите седименте. Након тога, вода се узима помоћу бунара и хоризонталне дренаже, и доводи

путем система цевовода натеза до црпних станица „Медијана 1“ и „Медијана 2“. У овим станицама вода се третира хлорисањем и након тога се дистрибуира до потрошача. Поред тога се једном до два месеца сваке године, током лета, прекида експлоатација са изворишта, због припреме за следећу експлоатациону годину, када се врши ремонт, реконструкција и чишћење опреме и објекта (ЈКП „Naissus“ Ниш, 2017).



Слика 5-3 Водозахват речне воде у зони изворишта „Медијана“ за мерно место Ниш (лево) и водомерна летва на локацији водозахвата (десно)

Важно је напоменути да, иако се сирова вода захвата директно из Нишаве, квалитет финалне воде испоручене са изворишта је услед оваквог функционисања, на задовољавајућем нивоу. Такође, ефикасност система активне заштите Медијане, који укључује водонепропусну дијафрагму и дренажне бунаре, као и дренажу према насељу Брзи Брод, доприноси обезбеђивању високог квалитета крајњег водотока који се испоручује (ЈКП „Naissus“ Ниш, 2017; ЈКП „Naissus“, 2023b).

У наставку рада су детаљно приказани општи подаци и карактеристике изворишта „Медијана“, како би се стекло адекватније разумевање ове виталне водне комуналне инфраструктуре и њеног значаја за локалну заједницу.

5.2.1 Географски положај и геоморфолошке карактеристике изворишта „Медијана“

Извориште „Медијана“ се налази на источном рубу града Ниша и простире се на територији од приближно 250 хектара. Подручје је формирано у алувијалним низинама реке Нишаве, на надморској висини од око 200 mnm (ЈКП “Naissus” Ниш, 2017).

Посматрајући територију града Ниша, може се уочити да морфолошка структура истраживаног подручја углавном обухвата брдско-планинске пределе, док су мањи делови подручја карактерисани долинама водотока, нарочито долинама река Нишаве и Јужне Мораве, где су развијене значајне алувијалне равни (СГЗ, 1973).

Област изворишта обухвата геолошке формације из различитих геолошких периода. Терцијерни слојеви обухватају старије геолошке формације које се налазе испод квартарних наслага. Они се састоје од седиментних стена које су формиране у прошлим геолошким епохама. У овом подручју, квартарни слојеви доминирају и представљају млађе геолошке формације. Ови слојеви, карактерисани разноврсним алувијалним наслагама, чине главну компоненту површинског рељефа и заузимају централни део подручја изворишта „Медијана“. Поред тога, на периферији овог изворишта присутни су терасни и пролувијални седименти. Терасне стене представљају остатак некадашњих речних тераса, формираних током периода интензивне ерозије и рада речних система. Пролувијалне стене су резултат ерозије и акумулације материјала услед деловања пролувијалних процеса, као што су одрони и клизања (ЈКП “Naissus” Ниш, 2017, СГЗ, 1973).

5.2.2 Хидрографске и хидролошке карактеристике изворишта „Медијана“

Са својом дужином од 218 km, Нишава представља међудржавну реку, чији се извор налази испод врха Ком у Бугарској, кроз коју протиче 67 km, и даље наставља западно према Србији. Пролазећи кроз Димитровград, Пирот, Белу Паланку, Нишку Бању и кроз Ниш дужином од 151 km, улива се у Јужну Мораву, неколико километара ниже од Ниша, на локацији Трупале. Као најдужа притока Јужне Мораве, са својим малим притокама Темштицом, Височицом, Јермом, Црвеном реком, Коритницом и Кутинском реком, Нишава припада црноморском сливу (Branković и остали, 2009; Gosić & Trajković, 2013; Leščešep и остали, 2018). За потребе овог истраживања

анализирано је стање Нишаве од ушћа Рујничке реке до ушћа Кутинске реке у укупној дужини од 10,855 km, код мерног места Ниш („Сл. гласник РС“, бр. 72/2023, 2023).

Теренски посматрано, Медијана је са својим окружењем састављена од стенских маса које се према хидрогеолошким особинама деле на збијене врсте издани мање и веће издашности, као и условно безводне стене. Само извориште је специфично по томе што се на њему врши вештачко прихрањивање. Песковито-шљунковити седименти који су настали депонованњем речног наноса Нишаве сачињавају водоносну средину, коју карактерише релативно добра водопропусност (ЈКП “Naissus” Ниш, 2017).

У току периода истраживања за потребе израде Елабората изворишта „Медијана“, ниво Нишаве на простору изворишта био је у просеку од око 194 mm. Протицај Нишаве је такође варирао, са максималним протицајем од 140 m³/s и минималним протицајем од 8 m³/s, док је просечан протицај био око 28 m³/s. Посматрајући Кутинску реку, њен ниво на ушћу у Нишаву износио је око 203 mm (ЈКП “Naissus” Ниш, 2017).

Ова информација о речним токовима и нивоима вода има важне импликације на истраживање изворишта Медијана и њеног утицаја на одрживо снабдевање водом града Ниша. Стабилност и колебање нивоа водотока Нишаве уз извориште Медијана имају значајану улогу у процени доступности воде, њеном пречишћавању и оптималном усмеравању водоснабдевања током различитих периода.

5.2.3 Климатске карактеристике изворишта „Медијана“

Истраживано подручје има умерено континенталну климу, која се одликује израженим годишњим добрима. Лета су карактеристично топла и сува, зиме су хладне с повременим снежним падавинама, док су кише у зимском периоду ретке. У непосредној близини налази се градска климатолошка станица која је удаљена око 4 km од изворишта, на надморској висини од 202 mm (ЈКП “Naissus” Ниш, 2017).

Најзначајнији обим падавина уобичајено се региструје током пролећа, посебно у месецу мају, када достижу приближно 70 mm, док се минималне количине падавина бележе у зимским месецима, посебно у јануару и фебруару, са оквирним вредностима од око 39 mm. Просечне годишње падавине, забележене на станици за мерно место Ниш, од 1991. до 2017. године, износе нешто више од 600 mm (РХМЗ, 2023). Сва четири годишња доба су изражена и имају своје карактеристичне температуре.

Најтоплији месеци у години су јул и август с просечним температурама око 23°C. Зимски месеци су најхладнији, при чему су најниже просечне вредности температуре забележене у јануару са просечном температуром нешто мањом од 1°C. Средња вишегодишња температура, забележена на станици за мерно место Ниш од 1991. до 2017. године, била је 12,1°C. Средња годишња вредност релативне влажности ваздуха за мерно место Ниш износила је око 70% (ЈКП “Naissus” Ниш, 2017).

5.3 Основне карактеристике изворишта „Власина“ – Власотинце

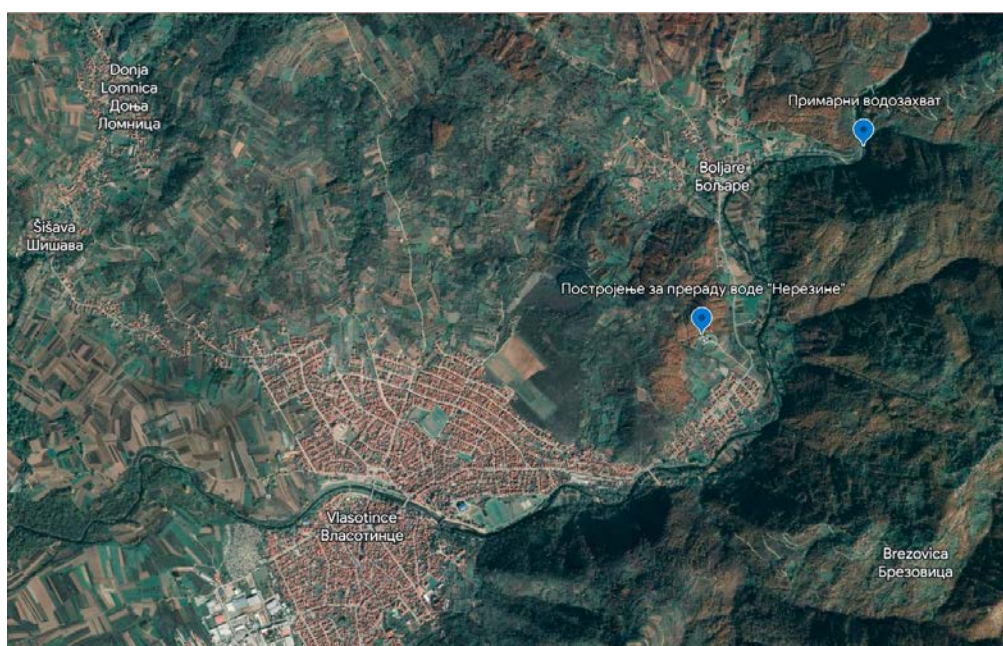
Друго истраживано подручје, које је такође предмет анализе ове дисертације, представља извориште водоснабдевања „Власина“. Само извориште на мерном месту Свође (шифра водног тела VL_2), је категорисано као природно водно тело, које улази у састав водотока Власине (тип 3) као део Црноморског слива („Сл. гласник РС“, бр. 72/2023, 2023; „Сл. гласник РС“, бр. 74/2011, 2011; SEPA, 2021). Како је горњи ток реке Власине искоришћен за формирање Власинског језера, сама река се формира низводно од бране „Власине“, где се део воде испушта из акумулационог језера, а већа количина воде се осигурава бочним притокама. Заједно са својим притокама, и река Власина припада црноморском сливу. Хидролошка динамика тока реке Власине је прецизно анализирана на сегменту који обухвата простор од њеног ушћа у реку Јужну Мораву до подручја села Бољаре (Општина Власотинце, 2023b; Vodotehnika, 2012).

Као што је наведено у поглављу 4, постројење за пречишћавање воде „Нерезине“ је почело са радом 1995. године, када се званично и завршила изградња водозавхвата на реци Власини на надморској висини од 275 m, укључујући и (ЈКП „Водовод“ Власотинце, 2023):

- цевовод сирове воде пречника 500 mm дужине 1,8 km,
- црпну станицу сирове воде са три вертикална бучна пумпна агрегата капацитета 60 l/s,
- потисни цевовод сирове воде пречника 350 mm дужине 350 m.

Водозахват „Власина“, смештен на реци Власини, налази се приближно један километар узводно од села Бољаре (Слика 5-4). Ова водна инфраструктура се састоји из два основна дела (Vodotehnika, 2012):

- бетонски преливни праг чија надморска висина износи 2 метра,
- таложник-песколов који је део опреме целокупне грађевине.



Слика 5-4 Постројење за пречишћавање воде „Нерезине“ и примарни водозахват (аутор, засновано према: Google Earth)

Преливни праг је израђен од чврстог, неармираног бетона, пројектован тако да праг има константани пресек и да омогућава слободно преливање воде кроз своју дужину. Таложник се налази на десној обали реке, непосредно изнад преливног прага. Овај део обухвата затварачницу са одговарајућом опремом, две коморе опремљене грубим решеткама и уставама на улазу, као и финим решеткама и отвором за истовар муља на излазу из таложника. Таложник је дизајниран да задржи честице са крупнијим димензијама већим од 0.05 mm и 30% укупне количине суспендованих материја које носи река (Vodotehnika, 2012).

Вода се, у постројењу „Нерезине“, пречишћава бистрењем које подразумева коагулацију, флокулацију, таложњење у ламинарном таложнику уз рецикулацију муља, брзом филтрацијом на пешчаним филтрима, као и дезинфекцијом хлором. Предвиђа се да ће се, до краја 2030. године, увећати капацитет водозавата са тренутних 110 l/s на 185 l/s. Ова промена захтева да водозахват обезбеди капацитет захватања сирове воде од 200 l/s (Divac и остали, 2009; Vodotehnika, 2012).

У следећим поглављима су представљене опште карактеристике изворишта „Власина“, што обезбеђује увид у широк контекст овог изузетно битног хидролошког тела и његовог суштинског значаја за општину Власотинце.

5.3.1 Географски положај и геоморфолошке карактеристике изворишта „Власина“

На око 300 km јужно од Београда, уз источни крај Лесковачке котлине, простире се општина Власотинце и слив реке Власине. На овој територији, у источном делу водног басена, изграђено је истоимено језеро. У близини водотока се налази пут који повезује Власотинце са Бабушницом, Босилеградом и језером. Терен у оквиру водног басена области Власотинца се карактерише великим контрастима у рељефу. Већи део посматраног терена чине планински и брдовити предели, који су у источном делу подељени средњим током Власине и њене притоке Љуберађа, у јужном делу окружени планинским масивом Јастребац – Остроzub – Чемерник, док северни део залази у Запањску котлину на североистоку и југозападно на део Суве планине (Општина Власотинце, 2023b, 2023a; COB, 2021; Vodotehnika, 2012).

5.3.2 Хидрографске и хидролошке карактеристике изворишта „Власина“

Река Власина протеже се на дужини од приближно 48 km, почевши од места за сабирање воде па све до бране, што се узима као извориште речног тока. Општа површина басена који прима воду од Власинског језера све до грађевине за захватање воде за водоводни систем Власотинца износи приближно 884 km². Власина река се истиче значајним бројем главних притока, које су планинског и полупланинског типа, бујичног карактера, међу којима су: Пуста река, Лужница, Тетошица и градска река Чемерница. Поред ових доминантних притока, река Власина прима и бројне мање притоке, као што су Стојковачка долина, Црнобарски поток, Пушина долина и друге, (Urošev и остали, 2016; Vodotehnika, 2012). За потребе овог истраживања анализирано је стање Власине од ушћа Станци потока до ушћа Лужнице у укупној дужини од 13,371 km, код мерног места Свође.

Због своје изразите топографске конфигурације, са израженим степенима нагиба у горњем делу, слив реке Власине током периода екстремних падавина показује склоност брзој концентрацији отицања. Ово подручје карактеришу изузетно интензивне падавине, посебно у горњем и доњем делу слива, што увећава ризик од настанка бујучних поплава (РХМЗ, 2023).

5.3.3 Климатске карактеристике изворишта „Власина“

Општина Власотинце има умерено континенталну климу, са јасно израженим годишњим добима, која се уочавају у три варијанте. Прва је Жупска, која се налази у равничарско-брежуљкастом делу општине до 500 mпv, а коју одликују умерено хладна зима, сушна и топла лета, са највећим количинама падавина у месецу мају и јуну. Друга варијанта се налази на ниским планинама, на 1000 mпv. Овде се уочава права умерено континентална клима, односно лета су свежија, а зиме хладније и знатно дуже. Последња варијанта, са елементима планинске климе, налази се у највишим деловима општине, изнад 1000 mпv и одликује се нижим температурама (Општина Власотинце, 2023b; РХМЗ, 2023; Рауновић и остали, 2006; Vodotehnika, 2012).

Средња годишња температура ваздуха посматраног подручја износи $t = 11,5^{\circ}\text{C}$. Од септембра до априла су забележени дани са најнижим температурама, од чега највећи број дана у јануару. Влажност ваздуха је максимална у периоду од децембра до јануара, док се минимална вредност јавља у августу. То је повезано са близином водотока и пошумљености терена. Месечна количина падавина варира током године од 44 – 80,6 mm. Један део се јавља током зимског периода од новембра до марта, у виду снежног покривача чија висина достиже 71 cm. Минимум падавина се јавља у периоду од септембра до октобра, а максимум од маја до јуна месеца (РХМЗ, 2023; Рауновић и остали, 2006; Vodotehnika, 2012).

6 РАЗВОЈ И ПРИМЕНА МОДЕЛА ОДРЖИВОГ УПРАВЉАЊА ВОДНИМ РЕСУРСИМА У УСЛОВИМА ЕКСТРЕМНИХ ХИДРОЛОШКИХ ПОЈАВА

6.1 Развој система одрживог управљања великим и малим постројењима за водоснабдевање методом оцењивања организације према процесним функцијама

Једна од суштинских претпоставки за остваривање здраве и квалитетне животне средине је ефикасно коришћење и одрживо управљање водним ресурсима (Amidžić, 2021). Неопходно је нагласити да су еколошки ефекти, попут екстремних хидролошких појава, уско повезани са начином управљања и коришћења водних ресурса (Dašić, и остали, 2016; Mashiyi и остали, 2023; Vicente-Serrano и остали, 2017). Достицањем оптималне потрошње и прераде воде, у значајнијој мери смањују се последице по животну средину, самим тим и поспешује одрживост ових ресурса (SEPA, 2015a).

Полазећи од еколошког, социјалног и економског домена одрживости (Milutinović, 2012), уочава се да је посебно важан систем управљања постројењима за снабдевање водом за пиће. Формално гледано, систем се може описати као скуп компоненти које заједничким деловањем постижу одређени циљ или извршавају задатак у предефинисаним границама. Сваки систем функционише у контексту свог окружења. Када је неопходно управљати системом, битна карактеристика је постојање повратне везе - информације о разликама између жељених и фактичких излазних вредности система, које се затим користе као улаз за регулацију система. Наведена информација мора бити заснована на мерењима. Улазне вредности система се мењајују путем механизма повратне спреге, са циљем да се систем регулише и одржава на задовољавајућем нивоу ефикасности (Гвозденац и остали, 2012). Велики и мали водоводни и канализациони системи, које је створио човек, представљају кључни део комуналне инфраструктуре, имајући значајан утицај на свакодневни живот људи (Ђурђевић, 2009). Као и у случају многих других система, и системи за снабдевање водом за пиће се састоје од мреже координираних процеса и узајамно повезаних компоненти које функционишу у синхронизованом начину. Њихов рад је завистан од активности и координираности људских оператора, који имају за циљ постизање пословних и других постављених циљева комуналних предузећа (Гвозденац и остали, 2012).

Непрекидно функционисање и исправност ових система је од изузетног значаја, јер би прекиди и неизвесности узорковане спољним утицајима, као и људским фактором, могли изазвати значајне дисфункције и угрозити санитарно-хигијенска стања корисника ових услуга (Bennich и остали, 2023). Ефикасно управљање водним

ресурсима у контексту постројења за третман и дистрибуцију воде представља основу доброг менаџмента, јер проблеми у управљању често представљају индикаторе неефикасности и нерационалне потрошње ресурса (Stanković и остали, 2022). Потреба за континуалном, квалитативном и квантитативном дистрибуцијом воде свим корисницима, услед урбанизације и повећања људске популације, како на глобалном тако и на локалном нивоу, представља све већи изазов комуналним предузећима која се баве испоруком воде (Asian Development Bank, 2013; ЕРА, 2012). Суштински циљ сваког управљачког процеса је да ефективно управља различитим аспектима перформанси компаније (Ondrej и остали, 2014). Улазни подаци за управљачки процес састоје се од информација и сазнања, док се излазни подаци односе на донесене одлуке и решења. Илустрација овог концепта дата је на приказаној Слика 6-1.



Слика 6-1 Преглед процеса управљања
(аутор, засновано према: Гвозденац и остали, 2012)

Јавно комунално предузеће, односно водовод, је одговорно за снабдевање водом корисника и дужност је да омогући непрекидан, сталан и неометан приступ комуналним услугама под једнаким условима (ЕРА, 2016). Уколико дође до престанка или поремећаја испоруке воде због екстремних догађаја или техничких разлога, водовод је дужан да одмах спроведе неопходне мере на отклањању насталог проблема, тако што ће се осигурати привремену испоруку воде из алтернативних извора (нпр. цистерне), или ангажовати запослене у ЈКП ради елиминисања узрока поремећаја у испоруци воде и друго. Унутрашња организација и систематизација послова уређује се поделом као комплекс садржајно сродних радних дужности, а према врсти и природи

послова који се обављају (Vasić и остали, 2013). Организација и систематизација послова утврђује се на начин који може између осталог да обезбеди (ЈКП “Naissus” Ниш, 2017):

- Примену савремених метода и средстава за обављање послова,
- Јасну дистрибуцију задужења и одговорности,
- Осигуравање оптималног тока информација између различитих организационих јединица унутар предузећа,
- Повећање продуктивности и економичности људских ресурса,
- Јасно дефинисање радних задатака за запослене.

Овим мерама стреми се ка подизању укупног квалитета и ефикасности пословних операција у ЈКП-у које се баве прерадом и дистрибуцијом воде.

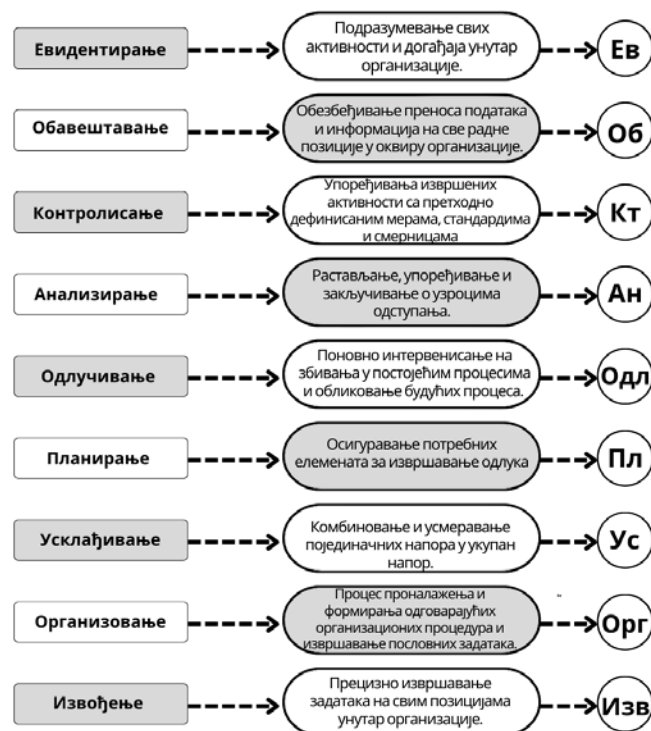
Процес рада у оквиру реализације делатности водовода, одвија се као јединствен и целовит процес у коме послове извршавају одговарајуће организационе јединице у циљу продуктивности. Послови који се обављају у предузећу се систематизују према врсти, сложености и другим условима потребним за њихово обављање у оквиру организације. Анализом управних органа комуналне делатности задужене за пречишћавање и дистрибуцију воде, а на основу неопходних потреба за унапређењем и јасним дефинисањем места и улоге управно-планског органа за испоруку воде, као и усавршавање спровођења послова у водоводима, методом оцењивања организације према процесним функцијама извршена је оцена реализације послова из области водоснабдевања (Stanković и остали, 2022).

Метода процесних функција, као једна од метода за оцену нивоа организованости (Ondrej и остали, 2014; Tadić, 2005), служи за стицање увида у оно што треба променити или побољшати у току обављања процеса рада (Мушицки, 2016). Примена методе процесних функција може служити за процену нивоа организације као целине, или за оцењивање појединачних организационих јединица, функција и других аспеката (Pruković, 2010). Процесне функције представљају активности неопходне за успешно и савремено извршавање свих задатака на свим радним местима у организацији (Луковац и остали, 2015). У радном процесу се јавља девет основних процесних функција, које су детаљније приказане на Слика 6-2, у које спадају (Луковац и остали, 2015; Мушицки 2016; Lukovac и остали, 2013):

- Евидентирање (Ев),
- Обавештавање (Об),
- Контролисање (Кт),

- Анализирање (Ан),
- Одлучивање (Одл),
- Планирање (Пл),
- Усклађивање (Ус),
- Организовање (Орг) и
- Извођење (Изв).

Правилником о организацији и систематизацији послова уређује се унутрашња организација и систематизација послова у свим јавним комуналним предузећима, укључујући и ЈКП за водовод и канализацију „Naissus“ (ЈКП „Naissus” Ниш, 2019) и ЈКП „Водовод“.



Слика 6-2 Преглед основних процесних функција са ознакама и значењем
(аутор, засновано према: Ђорговић, 2008)

Ова метода се највише примењује у организационим наукама, као што је унапређење организационог дизајна, укључујући анализу функционалних организационих шема, док је њена примена у инжењерским наукама још увек у развоју (Ђорговић, 2008). С обзиром да је најважнији ресурс сваке организације човек (Кахаровић, 2012), у овом раду је извршена оцена реализације послова на примеру ЈКП „Naissus“ Ниш и ЈКП „Водовод“ Власотинце. С тим у вези, у оквиру реализованог докторског истраживања има за циљ да уведе процесне функције као стандардну методу за анализу и међусобну повезаност активности у оквиру постројења за прераду

воде за пиће и да на тај начин оптимизује рад постројења, као и да омогући ефикасније доношење препорука за коришћење постројења у хазардним ситуацијама, попут екстремних хидролошких појава.

Примена методе процесне функције приказана је у наставку рада анализом послова у сектору за производњу и дистрибуцију воде, као и акредитоване службе санитарне контроле са лабораторијом (из области водоснабдевања и каналисања вода) ЈКП „Naissus“ Ниш и ЈКП „Водовод“ Власотинце.

6.1.1 Примена и анализа резултата добијених методом процесних функција за оцену организационих перформанси постројења за прераду воде – ЈКП „Naissus“ Ниш

Анализирани послови који се обављају у ЈКП „Naissus“, регулисани су Правилником о организацији и систематизацији послова и приказани су у Табела 6-1 (Stanković и остали, 2022). Примена методе процесне функције на примеру ЈКП „Naissus“ Ниш приказана је анализом послова у сектору за производњу и дистрибуцију воде, као и акредитоване службе санитарне контроле са лабораторијом (из области водоснабдевања и каналисања вода).

Табела 6-1 Преглед послова у ЈКП „Naissus“ Ниш са ознакама

Ознака	Задужења
1	Захватање и прерада речне воде одговарајућим технолошким процесом (Нишава – фабрика воде Медијана)
2	Експлоатација изворишта и бунара (Медијана)
3	Захватање воде са природних изворишта (Студена, Љуберађа, Мокра, Дивљана, Крупац, Пештер и Топлик)
4	Захватање и експлоатација воде из бунара (Миљковац)
5	Хлорисање воде
6	Потискивање воде у резервоаре, прекидне коморе и мрежу
7	Складиштење воде у резервоаре и препумпавање у мрежу
8	Санитарна заштита водних објеката
9	Дезинфекција (новоизграђених) водних објеката, водовodne мреже, пумпних станица и резервоара
10	Евидентирање процеса на свим пунктовима за водоснабдевање (протицаји, хлор, мутноћа, притисак и др.)
11	Комплетна евиденција о свим уграђеним уређајима на постројењима на извориштима
12	Састављање планова одржавања хидромашинске опреме за водоснабдевање (протицаји, хлор, мутноћа, притисак и др.)
13	Комплетна евиденција о свим уграђеним уређајима на постројењима на извориштима
14	Састављање планова одржавања хидромашинске опреме за водоснабдевање
15	Редовно и благоремеено сервисирање хидромашинске опреме и уређаја на постојењима
16	Текућа инвестициона одржавања на опреми за водоснабдевање
17	Чишћење инфилтрационих базена на Медијани
18	Технички пријем новоизграђених и реконструисаних објеката за водоснабдевање (пумпне станице, резервоари, црпне станице и др.) и опреме
19	Примена и одржавање система менаџмента квалитета (QMS) у складу са међународним стандардом SRPS ISO /IEC 17025
20	Узорковање воде за физичко- хемијска и микробиолошка испитивања воде, као и одређивање теренских параметара
21	Транспорт и пријем узорка воде
22	Контрола хигијенске исправности животних намирница – воде за пиће
23	Физичко-хемијске и микробиолошке анализе квалитета површинских, технолошких подземних и отпадних вода
24	Испитивање ефикасности уређаја са аспекта физичко-хемијских и микробиолошких резултата
25	Издавање извештаја о испитивању са стручним мишљењем о хигијенској исправности воде
26	Издавање извештаја о испитивању површинских, технолошких, подземних и отпадних вода
27	Испитивање квалитета сирове површинске воде са изворишта која се третирају као потенцијална решења за водоснабдевање – нови захват
28	Контрола хигијенске исправности воде за пиће након дезинфекције водовodne мреже, резервоара, базена и других објеката за водоснабдевање
29	Контрола хигијенске исправности узорка новоизграђене водовodne мреже
30	Пружање истраживачко-развојне и стручне услуге у области примене и усавршавања савремене опреме и технологије у решавању проблема водоснабдевања, контроле квалитета и пречишћавања воде
31	Праћење и примена законске регулативе из делокруга рада организационе јединице
32	Обезбеђење поверења у квалитет резултата испитивања у складу са захтевима међународног стандарда SRPS ISO /IEC 17025
33	Прорачун мерне несигурности, валидација и верификација метода испитивања
34	Учествовање у испитивањима оспособљености лабораторије ПТ активностима/ међулабораторијским поређењима
35	Оцењивање од стране Акредитационог тела Србије, у циљу одржавања сертификата о акредитацији

С обзиром на то да не мора сваки посао садржати све процесне функције, неопходно је установити међусобну повезаност (Мушицки, 2016). Веза између послова и процесних функција се утврђује путем уноса релација (+) у табели „послови - процесне функције“ (Табела 6-2) за послове који укључују одређену процесну функцију. Збир ових знакова представља суму фреквенција (Φ) (Stanković и остали, 2022). У случају када посао не садржи ниједну од процесних функција, у табелу се уноси знак (-) (Луковац и остали, 2015; Мушицки, 2016; Đorović, 2008; Lukovac и остали, 2013).

Табела 6-2 Приказ функцијске повезаности послова са процесним функцијама

Процесне функције	Ев	Об	Кт	Ан	Одл	Пл	Ус	Орг	Изв	Φ
Послови										
1	+	+	+	+	+	+	+	+	+	9
2	+	+	+	-	+	+	+	+	+	8
3	+	+	+	+	+	+	+	+	+	9
4	+	+	+	+	+	+	+	+	+	9
5	-	+	+	+	+	+	+	+	+	8
6	+	-	+	+	+	+	+	+	+	8
7	+	+	+	-	+	+	+	+	+	8
8	+	+	+	+	+	+	+	+	+	9
9	+	+	+	+	+	+	+	+	+	9
10	+	+	+	+	+	+	+	+	+	9
11	+	+	+	+	+	+	+	+	+	9
12	+	+	+	+	+	+	+	+	+	9
13	+	+	+	+	+	+	+	+	+	9
14	+	+	+	+	+	+	+	+	+	9
15	-	+	+	+	+	+	+	+	+	8
16	+	+	+	+	+	+	+	+	+	9
17	-	+	-	-	+	+	+	+	+	6
18	+	+	+	+	+	+	+	+	+	9
19	+	+	+	+	+	+	+	+	+	9
20	+	+	+	+	+	+	+	+	+	9
21	+	+	+	-	+	+	+	+	+	8
22	+	+	+	+	+	+	+	+	+	9
23	+	+	+	+	+	+	+	+	+	9
24	+	+	+	+	+	+	+	+	+	9
25	+	+	+	+	+	-	+	+	+	8
26	+	+	+	+	-	+	+	+	+	8
27	+	+	+	+	+	+	+	+	+	9
28	+	+	+	+	+	+	+	+	+	9
29	+	+	+	+	+	+	+	+	+	9
30	-	+	+	+	-	+	+	+	+	7
31	+	+	+	+	+	+	+	+	+	9
32	+	+	+	+	+	+	+	+	+	9
33	+	+	+	+	+	+	+	+	+	9
34	+	+	+	+	-	+	+	+	-	7
35	+	+	+	+	+	+	+	+	+	9
Φ	31	34	34	31	32	34	35	35	34	300

Будући да послови имају различит значај, потребно је проценити њихову релативну важност преко процеса пондерисања (Ondrej и остали, 2014). Оцена се врши избором једног од нивоа на скали од 0 до 5, у складу са критеријумима наведеним у прилогу 1 (Луковац и остали, 2015; Мушицки, 2016; Lukovac и остали, 2013). Исти критеријуми се користе за оцењивање процесних функција, пошто све функције не поседују једнак значај у извршавању посла (прилог 2). Изабрани нивои за послове и процесне функције проистекли су из анкете спроведене са лицем које обавља ове послове у постројењу за прераду пијаће воде, која је била обухваћена овом анализом. Процена нивоа послова и процесних функција се обавља множењем изабраних нивоа послова са изабраним нивоима процесних функција (Stanković и остали, 2022). Добијени производи представљају теоретске нивое за послове по процесним функцијама, а исто тако и за процесне функције посматраних послова (Табела 6-3).

Табела 6-3 Теоријски нивои послова по процесним функцијама

Табела 6-5 Георијски ниво послова по процесним функцијама											
Послови		Процесне функције									Σ
		Ев	Об	Кт	Ан	Одл	Пл	Ус	Орг	Изв	
Ознака	Ниво	5	5	4	5	4	4	1	4	2	
1	5	25	25	20	25	20	20	5	20	10	170
2	4	20	20	16	-	16	16	4	16	8	116
3	5	25	25	20	25	20	20	5	20	10	170
4	4	20	20	16	20	16	16	4	16	8	136
5	4	-	20	16	20	16	16	4	16	8	116
6	5	25	-	20	25	20	20	5	20	10	145
7	4	20	20	16	-	16	16	4	16	8	116
8	5	25	25	20	25	20	20	5	20	10	170
9	4	20	20	16	20	16	16	4	16	8	136
10	5	25	25	20	25	20	20	5	20	10	170
11	4	20	20	16	20	16	16	4	16	8	136
12	4	20	20	16	20	16	16	4	16	8	136
13	4	20	20	16	20	16	16	4	16	8	136
14	4	20	20	16	20	16	16	4	16	8	136
15	3	-	15	12	15	12	12	3	12	6	87
16	3	15	15	12	15	12	12	3	12	6	102
17	2	-	10	-	-	8	8	2	8	4	40
18	3	15	15	12	15	12	12	3	12	6	102
19	5	25	25	20	25	20	20	5	20	10	170
20	5	25	25	20	25	20	20	5	20	10	170
21	4	20	20	16	-	16	16	4	16	8	116
22	5	25	25	20	25	20	20	5	20	10	170
23	5	25	25	20	25	20	20	5	20	10	170
24	4	20	20	16	20	16	16	4	16	8	136
25	4	20	20	16	20	16	-	4	16	8	120
26	4	20	20	16	20	-	16	4	16	8	120
27	4	20	20	16	20	16	16	4	16	8	136
28	5	25	25	20	25	20	20	5	20	10	170
29	5	25	25	20	25	20	20	5	20	10	170
30	2	-	10	8	10	-	8	2	8	4	50
31	4	20	20	16	20	16	16	4	16	8	136
32	5	25	25	20	25	20	20	5	20	10	170
33	4	20	20	16	20	16	16	4	16	8	136
34	1	5	5	4	5	-	4	1	4	-	28
35	5	25	25	20	25	20	20	5	20	10	170
Σ		660	690	564	645	544	556	143	572	284	4658

Након тога, врши се процена послова према процесним функцијама користећи оцене од 1 до 5, у складу са критеријумима за доделу оцена заснованим на примећеном организационом ставу на радном месту (Луковац и остали, 2015; Мушицки, 2016; Ђоговић, 2008). Ови критеријуми су приказани у прилогу 3. Приказ оцена послова по процесним функцијама дат је у Табела 6-4. Знак (-) у табели означава да посао и процесна функција нису повезани.

Табела 6-4 Оцене послова по процесним функцијама

Процесне функције	Ев	Об	Кт	Ан	Одл	Пл	Ус	Орг	Изв
Послови									
1	5	5	5	5	4	4	3	4	4
2	5	5	4	-	4	3	3	4	4
3	5	5	5	5	5	5	5	5	5
4	5	5	5	5	4	4	4	4	3
5	-	5	5	5	4	2	4	4	3
6	5	-	5	5	4	4	3	4	4
7	5	5	5	-	4	5	3	4	5
8	5	5	5	5	5	5	5	5	5
9	5	5	5	5	4	4	4	5	5
10	5	5	5	5	4	4	3	4	5
11	5	4	4	3	4	3	2	3	2
12	5	5	4	5	4	4	3	5	5
13	2	5	5	5	4	4	5	4	2
14	4	4	5	5	4	3	4	3	4
15	-	4	3	3	3	4	2	3	2
16	4	4	3	2	3	4	3	2	4
17	-	3	-	-	3	4	3	4	4
18	5	5	5	5	5	4	4	5	5
19	5	5	5	5	5	5	5	5	5
20	5	5	5	5	4	5	5	4	5
21	5	5	5	-	4	3	4	5	5
22	5	5	5	5	5	5	5	5	5
23	5	5	5	5	5	5	5	5	5
24	5	5	5	5	4	4	4	5	5
25	5	5	5	5	5	-	4	5	5
26	5	5	5	5	-	4	4	5	5
27	5	5	5	5	4	4	5	4	4
28	5	5	5	5	5	5	5	5	4
29	5	5	5	5	5	4	5	4	5
30	-	4	4	5	-	3	3	4	2
31	5	5	5	4	4	5	5	4	4
32	5	5	5	5	4	5	5	5	4
33	5	4	5	5	4	4	4	4	3
34	5	5	5	5	-	5	5	5	-
35	5	5	5	5	5	5	5	5	5

Након процеса оцењивања послова по процесним функцијама, долази се до израчунавања крајњих нивоа послова (P_s) коришћењем формуле 6.1.

$$P_s = \frac{P_p \cdot O}{S_o} \quad (6.1)$$

где су: P_p – потребни (теоријски) ниво посла; O – оцена послова по процесним функцијама и S_o – скала оцене (Луковац и остали, 2015; Мушицки, 2016; Đorović, 2008; Lukovac и остали, 2013; Stanković и остали, 2022). Стварни нивои послова приказани су у Табела 6-5.

Табела 6-5 Стварни нивои послова

Процесне функције	Ев	Об	Кт	Ан	Одл	Пл	Ус	Ор	Изв	Σ
Послови										
1	25	25	20	25	16	16	3	16	8	154
2	20	20	12.8	-	12.8	9.6	2.4	12.8	6.4	96.8
3	25	25	20	25	20	20	5	20	10	170
4	20	20	16	20	12.8	12.8	3.2	12.8	4.8	122.4
5	-	20	16	20	12.8	6.4	3.2	12.8	4.8	96
6	25	-	20	25	16	16	3	16	8	129
7	20	20	16	-	12.8	16	2.4	12.8	8	108
8	25	25	20	25	20	20	5	20	10	170
9	20	20	16	20	12.8	12.8	3.2	16	8	128.8
10	25	25	20	25	16	16	3	16	10	156
11	20	16	12.8	12	12.8	9.6	1.6	9.6	3.2	97.6
12	20	20	12.8	20	12.8	12.8	2.4	16	8	124.8
13	8	20	16	20	12.8	12.8	4	12.8	3.2	109.6
14	16	16	16	20	12.8	9.6	3.2	9.6	6.4	109.6
15	-	12	7.2	9	7.2	9.6	1.2	7.2	2.4	55.8
16	12	12	7.2	6	7.2	9.6	1.8	4.8	4.8	65.4
17	-	6	-	-	4.8	6.4	1.2	6.4	3.2	28
18	15	15	12	15	12	9.6	2.4	12	6	99
19	25	25	20	25	20	20	5	20	10	170
20	25	25	20	25	16	20	5	16	10	162
21	20	20	16	-	12.8	9.6	3.2	16	8	105.6
22	25	25	20	25	20	20	5	20	10	170
23	25	25	20	25	20	20	5	20	10	170
24	20	20	16	20	12.8	12.8	3.2	16	8	128.8
25	20	20	16	20	16	-	3.2	16	8	119.2
26	20	20	16	20	-	12.8	3.2	16	8	116
27	20	20	16	20	12.8	12.8	4	12.8	6.4	124.8
28	25	25	20	25	20	20	5	20	8	168
29	25	25	20	25	20	16	5	16	10	162
30	-	8	6.4	10	-	4.8	1.2	6.4	1.6	38.4
31	20	20	16	16	12.8	16	4	12.8	6.4	124
32	25	25	20	25	16	20	5	20	8	164
33	20	16	16	20	12.8	12.8	3.2	12.8	4.8	118.4
34	5	5	4	5	-	4	1	4	-	28
35	25	25	20	25	20	20	5	20	10	170
Σ	641	666	543.2	618	466.4	467.2	117.4	498.4	242.4	4260

Наставак употребе ове методе обухвата израчунавање просечних оцена послова ($\bar{O}$) помоћу формуле 6.2 (Луковац и остали, 2015; Мушицки, 2016; Lukovac и остали, 2013):

$$\bar{O} = \frac{\sum P_s}{\sum P_p} \cdot S_o \quad (6.2)$$

Просечне оцене послова приказане су у Табела 6-6.

Табела 6-6 Просечне оцене послова

Процесне функције	ΣP_p	ΣP_s	$\bar{O}$
Послови			
1	170	154	4.53
2	116	96.8	4.17
3	170	170	5
4	136	122.4	4.50
5	116	96	4.14
6	145	129	4.45
7	116	108	4.66
8	170	170	5
9	136	128.8	4.74
10	170	156	4.59
11	136	97.6	3.59
12	136	124.8	4.59
13	136	109.6	4
14	136	109.6	4.03
15	87	55.8	3.21
16	102	65.4	3.21
17	40	28	3.50
18	102	99	4.85
19	170	170	5
20	170	162	4.76
21	116	105.6	4.55
22	170	170	5
23	170	170	5
24	136	128.8	4.74
25	120	119.2	4.97
26	120	116	4.83
27	136	124.8	4.59
28	170	168	5
29	170	162	4.76
30	50	38.4	3.84
31	136	124	4.56
32	170	164	4.82
33	136	118.4	4.35
34	28	28	5
35	170	170	5
Σ	4658	4260	4.50

Помоћу нивоа из табеле 6-2 и табеле 6-4 је извршено израчунавање просечних оцена процесних функција (O_{pf}) помоћу формуле 6.3.

$$O_{pf} = \frac{\sum P_s}{\sum P_p} \cdot S_o \quad (6.3)$$

где су: P_s – стварни ниво процесне функције; P_p – потребни ниво процесне функције и S_o – скала оцена (Луковац и остали, 2015; Мушицки, 2016; Đorović, 2008; Lukovac и

остали, 2013; Stanković и остали, 2022). Просечне оцене процесних функција приказане су Табела 6-7.

Табела 6-7 Оцене процесних функција			
Процесне функције	$\sum P_p$	$\sum P_s$	O_{pf}
Евидентирање	660	641	4.86
Обавештавање	690	666	4.83
Контролисање	564	543.2	4.82
Анализирање	645	618	4.79
Одлучивање	544	466.4	4.29
Планирање	556	467.2	4.20
Усклађивање	143	117.4	4.10
Организовање	572	498.4	4.36
Извођење	284	242.4	4.27
Σ	4658	4260	4.50

На основу средњих оцена за послове и процесне функције, приступа се рангирању. Процесне функције се рангирају у складу са Табела 6-8, док се послови рангирају према Табела 6-9.

Табела 6-8 Рангирање процесних функција			
Ранг	Процесне функције	Ниво	Средња оцена
1	Евидентирање	5	4.86
2	Обавештавање	4	4.83
3	Контролисање	4	4.82
4	Анализирање	5	4.79
5	Организовање	4	4.36
6	Одлучивање	4	4.29
7	Извођење	5	4.27
8	Планирање	2	4.20
9	Усклађивање	1	4.10

Табела 6-9 Рангирање послова

Ранг	Послови	Ниво	Средња оцена
1	3	5	5
2	8	5	5
3	19	5	5
4	22	5	5
5	23	5	5
6	35	5	5
7	34	1	5
8	25	4	4.97
9	28	5	4.94
10	18	3	4.85
11	26	4	4.83
12	32	5	4.82
13	20	5	4.76
14	29	5	4.76
15	9	4	4.74
16	24	4	4.74
17	7	4	4.66
18	10	5	4.59
19	12	4	4.59
20	27	4	4.59
21	31	4	4.56
22	21	4	4.55
23	1	5	4.53
24	4	4	4.50
25	6	5	4.45
26	33	4	4.35
27	2	4	4.17
28	5	4	4.14
29	13	4	4.03
30	14	4	4.03
31	30	2	3.84
32	11	4	3.59
33	17	2	3.50
34	15	3	3.21
35	16	3	3.21

Применом методе процесних функција на примеру ЈКП „Naissus“ Ниш, добијена је средња оцена послова која представља оцену нивоа организованости. Имајући у виду да бројчана вредност износи 4,50 долази се до закључка да је ниво организованости такав да се извршење послова не заснива само на упутствима претпостављених, већ и на организацијским прописима. Пре свега ово важи за послове који су оцењени већим оценама од просечне оцене послова, а у овом случају то су послови са ознакама „3“, „7“, „8“, „9“, „10“, „12“, „18“, „19“, „20“, „22“, „23“, „24“, „25“, „26“, „27“, „28“, „29“, „32“, „34“ и „35“, док код преосталих послова постоји могућност за њихово унапређење. На основу средње вредности оцена процесних функција, долази се до сазнања које процесне функције захтевају значајне измене или унапређења. Ова тврдња

се пре свега односи на процесне функције које су добиле оцену нижу од просечне вредности (4,50), па би у конкретном случају мере за побољшање требало усмерити на „планирање“ (4,20), „одлучивање“ (4,29), „усклађивање“ (4,10), „организовање“ (4,36) и „извођење“ (4,27). Ранг процесних функција и послова доноси увид како у позитивне, тако и у негативне аспекте нивоа организованости. Посматрањем овог ранга, могуће је идентификовати процесне функције и послове који захтевају повећану пажњу, пре свега, у случајевима када имају високе нивое, али ниску просечну вредност оцена. У овом случају издвајају се послови са ознакама „27“, „28“, „29“, „30“ и „32“, чије су просечне оцене ниже од вредности додељених им нивоа. Неопходно је прихватити резултате ове анализе са критичким ставом, јер би требало узети у обзир различита мишљења и ставове већег броја стручњака и експерата у овој области да би се обезбедила комплекснија и детаљнија анализа посматраног проблема.

6.1.2 Примена и анализа резултата добијених методом процесних функција за оцену организационих перформанси постројења за прераду воде – ЈКП „Водовод“ Власотинце

Аналогно оцењивању перформанси постројења за прераду воде методом процесних функција на примеру ЈКП „Naissus“ Ниш, примењеном у поглављу 6.1.1, извршена је анализа организационих перформанси за ЈКП „Водовод“ Власотинце. Резултати добијени методом процесних функција за ЈКП „Водовод“ Власотинце представљени су у табелама од 6-10 до 6-11. Као и у случају тумачења резултата и корака код претходног оцењивања перформанси, неопходно је установити везу између оцењиваних функција, повезаних послова и утицајних детерминанти. Анализирани послови који се обављају у ЈКП „Водовод“ Власотинце приказани су у Табела 6-10.

Табела 6-10 Преглед послова у ЈКП „Водовод“ Власотинце са ознакама

Ознака	Послови/ Задужења/Дужности
1	Одржавање целокупног поступка прераде воде за пиће према датим упутствима технолога – вође смене, почев од захвата сирове воде до дезинфекције
2	Састављање плана узорковања на сливу реке и евидентирање потенцијалних загађивача
3	Спровођење оперативних планова текућег, инвестиционог и интервентног одржавања и ремонта уређаја
4	Организовање, спровођење и контролисање тока информација и евиденције
5	Организовање мерења нивоа воде у резервоарима и црпним станицама и одговарајуће евидентирање
6	Спровођење мера БЗНР и ППЗ у свом делокругу рада
7	Очитавање и евидентирање физичких количина процеса производње и дораде воде
8	Одржавање уређаја за хлоризацију воде
9	Евидентирање о залихама средстава за пречишћавање воде
10	Контролисање хигијенско-санитарног одржавања
11	Припрема и контролисање свих раствора и хемикалија потребних за технички поступак прераде воде према стандардним микробиолошким техникама
12	Периодично чишћење целокупног постројења за прераду воде, црно-потисне станице и водозахвата
13	Континуирано праћење квалитета речне воде путем узимања узорака и обавештавање технолога о томе
14	Прављење потребних распореда за анализу, обезбеђивање да се све активности у служби одвијају по плану и утврђеним приоритетима и по потреби отклањају недостаци који се појаве у раду
15	Организовање рада у физичко-хемијској и микробиолошкој лабораторији у складу са важећим процедурама и упутствима
16	Евидентирање утрошених хемикалија из приручног магацина
17	Евидентирање о токовима и резултатима спроведених поступака
18	Примена упутстава и спецификације из области контроле квалитета
19	Одржавање лабораторијског прибора и опреме,
20	Узимање узорака из градске водоводне мреже по унапред сачињеном плану, који обухвата сва места која се снабдевају водом из градског водовода
21	Мерење вредности резидуалног хлора у води у градској водоводној мрежи и контролисање одређене групе параметара у лабораторији
22	Организовање и руковођење пословима на пречишћавању отпадних вода
23	Одржавање аутоматике и сигнализације и мерно-регулационе технике на свим објектима
24	На бази упутстава и правилника о раду реаговање и предузимање мера и одговарајућих радњи у вези довођења опреме у функционално стање (поправке, замене итд.)
25	Спровођење и примена заштитних мера и норматива који су обавезни по закону
26	Предлагање мера за побољшање квалитета рада опреме, уштеде у раду опреме, рационализације у раду опреме и постројења
27	Контролисање и евидентирање исправности и рада целокупне опреме на постројењу за пречишћавање воде и свих црпних станица

Утврђивање веза између послова и процесних функција извршено је, као и на примеру ЈКП „Naissus“ Ниш, путем уноса релација (+) и (-), за послове који укључују одређену процесну функцију, где сума фреквенција (Ф) представља збир ових знакова, приказани у Табела 6-11(Луковац и остали, 2015; Мушицки, 2016; Ђоровић, 2008; Lukovac и остали, 2013).

Табела 6-11 Приказ функцијске повезаности послова са процесним функцијама

Процесне функције	Ев	Об	Кт	Ан	Одл	Пл	Ус	Орг	Изв	Ф
Послови										
1	+	+	+	+	+	+	+	+	+	9
2	+	+	+	+	-	+	-	+	+	7
3	+	+	+	+	+	+	+	+	+	9
4	+	+	+	+	+	+	+	+	+	9
5	+	+	+	+	+	-	+	+	+	8
6	+	+	+	+	+	+	+	+	+	9
7	+	+	+	+	-	+	+	+	+	8
8	-	+	+	-	+	+	+	+	+	7
9	+	+	-	+	+	+	+	+	+	8
10	+	+	+	+	+	+	+	+	+	9
11	+	+	+	+	+	+	+	+	+	9
12	+	-	+	-	+	+	+	+	+	7
13	+	+	+	+	+	+	+	+	+	9
14	+	+	+	+	+	+	+	+	+	9
15	-	-	+	+	-	+	+	+	+	6
16	+	+	+	+	-	+	+	+	+	8
17	+	+	+	-	-	-	+	+	+	6
18	+	+	+	+	+	+	+	+	+	9
19	-	-	+	+	+	+	+	+	+	7
20	+	+	+	+	+	+	+	+	+	9
21	+	+	+	+	+	+	+	+	+	9
22	+	+	+	+	+	+	+	+	+	9
23	-	+	+	-	-	+	+	+	+	6
24	+	+	+	+	+	+	+	+	+	9
25	+	+	+	+	+	+	+	+	+	9
26	+	+	+	+	+	+	+	+	+	9
27	+	+	+	+	+	+	+	+	+	9
Ф	23	24	26	23	21	25	26	27	27	222

Процена њихове релативне важности извршена је избором једног од нивоа на скали од 0 до 5 (прилог 1). Исти критеријум (прилог 2) се користи за оцењивање процесних функција (Луковац и остали, 2015; Мушицки, 2016; Луковас и остали, 2013). Добијени производи су представљени у Табела 6-12 као теоријски нивои за послове по процесним функцијама, као и за процесне функције посматраних послова.

Табела 6-12 Теоријски нивои послова по процесним функцијама

Табела 6-12 Географски ниво послова по процесним функцијама											
Послови		Процесне функције									Σ
		Ев	Об	Кт	Ан	Одл	Пл	Ус	Орг	Изв	
		Ниво									
Ознака	Ниво	5	5	4	5	4	4	1	4	4	
1	5	25	25	20	25	20	20	5	20	20	180
2	4	20	20	16	20	-	16	-	16	16	124
3	5	25	25	20	25	20	20	5	20	20	180
4	5	25	25	20	25	20	20	5	20	20	180
5	4	20	20	16	20	16	-	4	16	16	128
6	4	20	20	16	20	16	16	4	16	16	144
7	4	20	20	16	20	-	16	4	16	16	128
8	3	-	15	12	-	12	12	3	12	12	78
9	1	5	5	-	5	4	4	1	4	4	32
10	5	25	25	20	25	20	20	5	20	20	180
11	5	25	25	20	25	20	20	5	20	20	180
12	4	20	-	16	-	16	16	4	16	16	104
13	5	25	25	20	25	20	20	5	20	20	180
14	5	25	25	20	25	20	20	5	20	20	180
15	4	-	-	16	20	-	16	4	16	16	88
16	3	15	15	12	15	-	12	3	12	12	96
17	4	20	20	16	-	-	-	4	16	16	92
18	5	25	25	20	25	20	20	5	20	20	180
19	3	-	-	12	15	12	12	3	12	12	78
20	5	25	25	20	25	20	20	5	20	20	180
21	4	20	20	16	20	16	16	4	16	16	144
22	4	20	20	16	20	16	16	4	16	16	144
23	2	-	10	8	-	-	8	2	8	8	44
24	3	15	15	12	15	12	12	3	12	12	108
25	5	25	25	20	25	20	20	5	20	20	180
26	4	20	20	16	20	16	16	4	16	16	144
27	1	5	5	4	5	4	4	1	4	4	36
Σ		470	475	420	465	340	392	102	424	424	3512

Следећи корак је процена послова према процесним функцијама применом оцена од 1 до 5 (прилог 3), извршена у складу са критеријумима за доделу оцена заснованим на примећеном организационом ставу на радном месту (Луковац и остали, 2015; Мушицки, 2016; Ђоговић, 2008). Приказ оцена послова по процесним функцијама дат је у Табела 6-13.

Табела 6-13 Оцене послова по процесним функцијама

Процесне функције	Ев	Об	Кт	Ан	Одл	Пл	Ус	Орг	Изв
<i>Послови</i>									
1	5	5	4	5	4	4	5	5	4
2	5	4	5	4	-	4	-	4	5
3	3	4	3	3	4	3	4	4	3
4	5	5	5	5	4	4	3	3	5
5	5	5	5	5	4	-	4	3	5
6	5	3	2	3	4	4	4	4	5
7	5	5	5	5	-	4	5	5	5
8	-	5	5	-	3	4	5	5	5
9	5	3	-	3	4	3	4	3	4
10	5	5	5	5	5	5	5	5	5
11	5	5	5	5	5	5	5	5	5
12	5	-	5	-	5	3	5	5	3
13	5	5	5	5	5	5	5	5	5
14	5	4	5	5	4	4	5	5	4
15	-	-	5	5	-	3	3	4	4
16	5	5	2	5	-	3	4	4	4
17	5	5	5	-	-	-	3	4	5
18	5	5	5	5	4	4	5	4	5
19	-	-	3	3	3	4	3	3	5
20	5	5	5	5	5	5	5	5	5
21	5	5	5	5	5	5	5	5	5
22	5	5	5	5	4	4	3	3	5
23	-	5	3	-	-	3	5	4	3
24	5	5	5	3	4	4	5	4	5
25	5	5	5	5	5	5	5	5	5
26	4	4	3	2	4	4	4	4	2
27	5	5	5	5	4	4	5	5	4

Затим се, као у поглављу 6.1.1, врши израчунавање крајњих нивоа послова коришћењем формуле (6.1) (Луковац и остали, 2015; Мушицки, 2016; Đorović, 2008; Lukovac и остали, 2013; Stanković и остали, 2022). Стварни нивои послова приказани су Табела 6-14.

Табела 6-14 Стварни нивои послова

Процесне функције послови	Ев	Об	Кт	Ан	Одл	Пл	Ус	Ор	Изв	Σ
1	25	25	16	25	16	16	5	20	16	164
2	20	16	16	16	-	12,8	-	12,8	16	109,6
3	15	20	12	15	16	12	4	16	12	122
4	25	25	20	25	16	16	3	12	20	162
5	20	20	16	20	12,8	-	3,2	9,6	16	117,6
6	20	12	6,4	12	12,8	12,8	3,2	12,8	16	108
7	20	20	16	20	-	12,8	4	16	16	124,8
8	-	15	12	-	7,2	9,6	3	12	12	70,8
9	5	3	-	3	3,2	2,4	0,8	2,4	3,2	23
10	25	25	20	25	20	20	5	20	20	180
11	25	25	20	25	20	20	5	20	20	180
12	20	-	16	-	16	9,6	4	16	9,6	91,2
13	25	25	20	25	20	20	5	20	20	180
14	25	20	20	25	16	16	5	20	16	163
15	-	-	16	20	-	9,6	2,4	12,8	12,8	73,6
16	15	15	4,8	15	-	7,2	2,4	9,6	9,6	78,6
17	20	20	16	-	-	-	2,4	12,8	16	87,2
18	25	25	20	25	16	16	5	16	20	168
19	-	-	7,2	9	7,2	9,6	1,8	7,2	12	54
20	25	25	20	25	20	20	5	20	20	180
21	20	20	16	20	16	16	4	16	16	144
22	20	20	16	20	12,8	12,8	2,4	9,6	16	129,6
23	-	10	4,8	-	-	4,8	2	6,4	4,8	32,8
24	15	15	12	9	9,6	9,6	3	9,6	12	94,8
25	25	25	20	25	20	20	5	20	20	180
26	16	16	9,6	8	12,8	12,8	3,2	12,8	6,4	97,6
27	5	5	4	5	3,2	3,2	1	4	3,2	33,6
Σ	456	447	376,8	417	293,6	321,6	89,8	366,4	381,6	3149,8

У Табела 6-15 су приказане просечне оцене послова израчунате помоћу формуле (6.2) (Луковац и остали, 2015; Мушицки, 2016; Lukovac и остали, 2013).

Табела 6-15 Просечна оцена послова

Процесне функције послови	ΣPp	ΣPs	Ќ
1	180	164	4,56
2	124	109,6	4,42
3	180	122	3
4	180	162	4,50
5	128	117,6	4,59
6	144	108	3,75
7	128	124,8	4,88
8	78	70,8	5
9	32	23	3,59
10	180	180	5,00
11	180	180	5,00
12	104	91,2	4,38

Процесне функције послови	ΣP_p	ΣP_s	$\bar{O}$
13	180	180	5
14	180	163	4,53
15	88	73,6	4,18
16	96	78,6	4,09
17	92	87,2	4,74
18	180	168	4,67
19	78	54	3
20	180	180	5,00
21	144	144	5,00
22	144	129,6	5
23	44	32,8	4
24	108	94,8	4,39
25	180	180	5,00
26	144	97,6	3,39
27	36	33,6	4,67
Σ	3512	3149,8	4,41

Користећи нивое из табела 6-11 и 6-13 израчунате су просечне оцене процесних функција помоћу формуле 6.3 (Луковац и остали, 2015; Мушицки, 2016; Đorović, 2008; Lukovac и остали, 2013; Stanković и остали, 2022). Просечне оцене процесних функција приказане су у Табела 6-16.

Табела 6-16 Оцене процесних функција

Процесне функције	ΣP_p	ΣP_s	Opf
Евидентирање	470	456	4,85
Обавештавање	475	447	4,71
Контролисање	420	376,8	4,49
Анализирање	465	417	4,48
Одлучивање	340	293,6	4,32
Планирање	392	321,6	4,10
Усклађивање	102	89,8	4,40
Организовање	424	366,4	4,32
Извођење	424	381,6	4,50
Σ	3512	3149,8	4,46

На основу средњих оцена, приступа се рангирању процесних функција у складу са Табела 6-17, док се послови рангирају према Табела 6-18.

Користећи методу процесних функција на примеру ЈКП „Водовод“ Власотинце, добијена је средња вредност оцена послова која рефлектује ниво организованости. На основу бројчане вредности од 4,41 закључује се да ниво организованости представља висок степен организационе структуре у коме извршење послова не зависи само од упутстава надређених, већ се такође ослања на постојеће организационе прописе.

Табела 6-17 Рангирање процесних функција

Ранг	Процесне функције	Ниво	Просечна оцена
1	Евидентирање	5	4,85
2	Обавештавање	5	4,71
3	Извођење	4	4,50
4	Контролисање	4	4,49
5	Анализирање	5	4,48
6	Усклађивање	1	4,40
7	Организовање	4	4,32
8	Одлучивање	4	4,32
9	Планирање	4	4,10
Σ			4,46

Табела 6-18 Рангирање послова

Ранг	Послови	Ниво	Просечна оцена
1	10	5	5
2	11	5	5
3	13	5	5
4	20	5	5
5	25	5	5
6	21	4	5
7	7	4	4,88
8	17	4	4,74
9	18	5	4,67
10	27	1	4,67
11	5	4	4,59
12	1	5	4,56
13	8	3	4,54
14	14	5	4,53
15	4	5	4,50
16	22	4	4,50
17	2	4	4,42
18	24	3	4,39
19	12	4	4,38
20	15	4	4,18
21	16	3	4,09
22	6	4	3,75
23	23	2	3,73
24	9	1	3,59
25	19	3	3,46
26	3	5	3,39
27	26	4	3,39
Σ			4,41

Ова ситуација првенствено важи за послове који су оцењени са већим оценама од просечне оцене послова. У овом случају, ти послови су означени са „1“, „4“, „5“, „7“, „8“, „10“, „11“, „13“, „14“, „17“, „18“, „20“, „21“, „22“, „25“ и „27“, док код преосталих послова има простора за њихово побољшање. На основу средње вредности оцена процесних функција ствара се увид у процесне функције које захтевају значајне измене

или унапређења. Ово пре свега обухвата процесне функције које имају оцене испод просечне вредности (4,41). У таквим случајевима, примењивање мера за унапређење требало би да се фокусира на оне процесне функције које су добиле ниже оцене, односно на „планирање“ (4,10), „одлучивање“ (4,32), „организовање“ (4,32). Ранг процесних функција и послова пружа увид у позитивне и негативне аспекте организованости. На основу овог ранга може се уочити којим процесним функцијама и пословима треба посветити већу пажњу, посебно оним процесима и пословима који имају високе нивое, а просечне оцене су им ниске. У овом контексту, истичу се послови означени са: „19“, „20“, „22“, „26“ и „27“, чије су просечне оцене ниже од вредности додељених им нивоа.

Анализом резултата добијених применом методе процесних функција за процену организационих перформанси ЈКП „Naissus“ Ниш и „Водовод“ Власотинце, закључено је да функције управљачког карактера имају доминантну улогу у обезбеђивању конзистентног, поузданог и одрживог рада ЈКП за водоснабдевање. Кроз овај приступ пружа се детаљан увид у информације и податке о квалитету сирове воде, на основу којих се суштински врши оптимизација процеса третмана како би се континуирано задовољиле потребе потрошача. Уколико не постоји јасно дефинисана особа која је одговорна за управљање и надзор над малим и великим постројењима за снабдевање водом за пиће, не може се очекивати значајно побољшање ефикасности и одрживости целокупног система. Ово сугерише да су људи, односно улога и ангажованост одговорних особа, кључни фактори у процесу унапређења и постигнућа бољих резултата.

6.2 Примена одабраних истраживачких метода за анализу параметара квалитета сирове површинске воде изворишта водоснабдевања „Медијана“ и „Власина“

Ефикасно управљање квалитетом сирових површинских вода које служе за добијање финалне воде за водоснабдевање, као и оптимална дистрибуција воде у правилним количинама и одрживост у водоснабдевању, представљају комплексна питања која укључују области хидрологије, хидраулике, економије и екологије. Управљање и надзор над водоводним системима представља сложен и динамичан процес који се ослања на обимну обраду и интерпретацију различитих података (Costello & Osborne, 2005; Liu и остали, 2003; Singh и остали, 2004; Tokatli, 2015).

Подаци о протицајима воде и параметрима квалитета сирове површинске воде представљају основу за доношење рационалних одлука и осигурање ефикасног функционисања целокупног водоводног система. Подаци о параметрима квалитета сирове воде за потребе ове дисертације, преузети су из интерне документације из ЈКП-а „Naissus“ и ЈКП-а „Власина“, која није јавно доступна и на основу које су изведени подаци о средњим месечним вредностима концентрација анализираних параметара квалитета сирове воде за оба мерна места, конкретно у прилозима 6 и 7. Имајући у виду значај и обим података који се сакупљају, њихова константна доступност, пре свега одговорним лицима за контролу квалитета, је од суштинског значаја, јер се на тај начин врши оптимално функционисање и остваривање постављених стандарда квалитета услуга, али и обезбеђује информисање корисника водоводних услуга о актуелном стању квалитета сирове површинске воде коју користе (Unger и остали, 2015).

Примена адекватних метода за сакупљање и анализу ових података игра кључну улогу у доношењу управљачких одлука. Док је раније координација у водоводним системима почивала на искуству, данас се интензивно користе математички модели, што је кључно за ефикасно и одрживо управљање водоводним системима. Ови модели имају капацитет да оцењују различите сценарије и оптимизују перформансе система, чиме доприносе смањењу времена и ресурса потребних за одлучивање и акције (Moriarty и остали, 2005). Иако уочавање измена у концентрацији одређених параметара квалитета сирове површинске воде услед екстремних хидролошких појава не представља новину, њиховом детаљном праћењу током наведеног периода нису подједнако посвећена детаљнија научна истраживања.

У оквиру реализованог истраживања, применом дескриптивне статистике, спроведене су узрочно-последичне анализе утицаја промена запреминског протицаја на одабране параметре квалитета сирове површинске воде која служи за добијање финалне воде за водоснабдевање. За дескриптивну статистику, тј. анализу основних карактеристика и расподеле података, користе се разни софтверски алати. Конкретно у овом случају је коришћен *SPSS* програм. У контексту дескриптивне статистике, *SPSS* нуди бројне могућности за обраду и анализу основних карактеристика и расподеле података. Истраживање обухвата период од јануара 2014. године до децембра 2018. године и спроведено је на примерима ЈКП „Водовод“ из Власотинца и ЈКП „Naissus“ из Ниша, која врше снабдевање водом за пиће. Подаци о протоцима за водотокове Власина и Нишава коришћени су из званичних извештаја Републичког хидрометеоролошког завода Републике Србије. За ЈКП „Водовод“, на мерном месту

Свође, анализирани су узрочно-последичне промене концентрација параметара квалитета сирове површинске воде у односу на запремински протицај, укључујући: мутноћу, ХПК (KMnO_4), амонијак, нитрате, нитрите, гвожђе, манган, рН вредност, алуминијум и боју. У оквиру ЈКП „Naissus“, на мерном месту Ниш, спроведене су анализе промена 9 параметара квалитета сирове површинске воде у односу на запремински протицај. Обухваћени параметри укључили су: мутноћу, ХПК (KMnO_4), амонијак, нитрате, нитрите, гвожђе, манган, рН вредност и БПК₅.

Мутноћа воде представља меру присуства суспендованих чврстих честица у води, попут глине, органске материје и микроорганизама. Изражава се у нефелометријским јединицама мутноће (енг. *Nephelometric Turbidity Units* - NTU). Висока мутноћа може ометати процесе дезинфекције и указује на потребу за додатним третманом коагулације, флокулације и филтрације како би се обезбедила безбедна вода за пиће (Bridgewater и остали, 2017). Хемијска потрошња кисеоника (ХПК - KMnO_4) је индикатор присуства органских материја које захтевају оксидацију. Обично се изражава у милиграмима потрошеног кисеоника по литру воде (mgO_2/l). Високе вредности ХПК указују на потребу за интензивнијим процесима оксидације и дезинфекције током третмана воде, како би се смањио ниво органског загађења (Chapman, 1996). Присуство амонијака у води може бити знак загађења органским материјама или отпадним водама. Уклањање амонијака је важно за одржавање здравствене исправности воде, а обично се постиже биолошком нитрификацијом или хемијском оксидацијом (Benjamin, 2002). Нитрати и нитрити су производи оксидације амонијака и могу бити присутни у води као резултат пољопривредних активности, отпадних вода и индустријског загађења. Високе концентрације нитрата и нитрита представљају ризик за здравље људи, посебно за дојенчад, због чега се у процесу пречишћавања посебно обраћа пажња на њихово уклањање путем денитрификације и других метода (ЕРА, 1993; Nollet & Gelder, 2013). Гвожђе је чест природни елемент у води, али његове високе концентрације могу довести до проблема као што су бојање воде и таложење у цевоводима. У процесу пречишћавања воде, гвожђе се уклања путем оксидације и филтрације, како би се спречиле негативне последице на квалитет воде за пиће (Bridgewater и остали, 2017). Слично гвожђу, манган је природно присутан у води и у већим концентрацијама може узроковати проблеме као што су мрље на одећи и неугодан укус воде. Манган се уклања путем оксидације и филтрације, како би се обезбедила квалитетна вода за снабдевање (Canada, 2016; Wisconsin Department of Health Service, 2022). рН вредност воде мери ниво киселости или базности воде и игра

важну улогу у многим процесима пречишћавања. Не изражава се у јединицама, већ као логаритам концентрације водоничних јона (без јединице). Контрола рН је кључна за оптимизацију процеса као што су коагулација, дезинфекција и контрола корозије у водоводним системима. Неправилан рН може довести до корозије цевовода или неефикасне дезинфекције (Snoeyink & Jenkins, 1980). Алуминијум се може наћи у води као природни елемент или као резултат употребе коагуланата у процесу пречишћавања. Високе концентрације алуминијума могу бити штетне за здравље и ефикасност пречишћавања воде. Уклањање вишка алуминијума врши се путем коагулације и филтрације, како би се обезбедила безбедна вода за потрошаче (Canada, 2020). Боја воде је индикатор присуства органских материја или металних јона. Изражава се у платиново-кобалтним јединицама (Pt/Co scale), што представља јединице мере за боју воде на основу концентрације платина-кобалтних раствора. Третман боје укључује процесе коагулације и филтрације како би се обезбедила вода која задовољава стандарде квалитета у погледу естетских и здравствених захтева (Asian Development Bank, 2013; Chapman, 1996). Наведени параметри су од суштинске важности за контролу квалитета сирове воде и одређују процесне кораке потребне за обезбеђивање здравствено исправне воде у систему јавног водоснабдевања.

Да би се проверила повезаност мутноће воде са ХПК (KMnO_4) и БПК₅ за мерно место Ниш, односно повезаност мутноће воде са ХПК (KMnO_4) за мерно место Свође, коришћен је Пирсонов коефицијент корелације. Пирсонов коефицијент корелације је статистичка мера која се користи за мерење јачине линеарног односа између две континуиране променљиве. Ова метода се често користи у истраживањима како би се утврдила повезаност између два скупа података. Пирсонов коефицијент корелације, често означен са r , може имати вредности између -1 и 1. Вредност која се приближава 1 указује на јаку позитивну линеарну корелацију између променљивих, док вредност која се приближава -1 указује на јаку негативну линеарну корелацију. Вредност која се приближава нули указује на слабо или одсутну линеарну корелацију између променљивих (Tugney, 2022).

Да би се утврдила променљивост показатеља квалитета сирове воде у зависности од јачине протицаја воде коришћена је једнофакторска анализа варијансе (ANOVA). Анализа варијансе је процедура која се користи да би се испитало да ли постоји или не разлика у између најмање две аритметичке средине у неком сету података у којем је могуће израчунати најмање две аритметичке средине. Једнофакторска анализа варијансе

нам омогућава да поредимо просеке или аритметичке средине више од два узорка (Sheskin, 2020).

Како би се испитао утицај протицаја воде на показатеље квалитета сирове површинске воде примењена је регресиона анализа, на основу које су дефинисане најприкладније функције за моделовање дистрибуције података.

Метода кластеровања је извршена у статистичком софтверу *R 4.0.4*. коришћењем пакета *dendextend* и *cluster* и имала је за циљ груписање сличних података у одговарајуће кластере. Пакет *dendextend* омогућава манипулацију дендрограма, док *cluster* пакет пружа низ функција за кластеровање и оцену кластера. Коришћењем ових пакета, могуће је извршити кластеровање података, визуализовати резултате и оценити кластере (Galili, 2015). За избор најбољег метода кластеровања израчунати су коефицијенти агломерације за пет метода кластеровања (*average*, *single*, *complete*, *ward* и *weighted*) и изабран је *Ward* метод чија вредност коефицијента износи 0.999. *Ward* модел је коришћен да би се груписала мерења на основу измерених вредности параметара квалитета сирове површинске воде. Да би се утврдио оптималан број кластера коришћене су интерне мере валидности *Silhouette Scores* и *Mantel value*.

За идентификацију заједничких фактора који имају утицај на квалитет воде, коришћена је експлоративна факторска анализа (PCA) са *Verimax* ротацијом. Ово је стандардни статистички метод који се користи за истраживање структуре варијабли у датом скупу података и идентификацију латентних варијабли које стоје иза опсервација. Циљ ове факторске анализе јесте да се идентификују латентни фактори или компоненте које објашњавају варијабилитет у подацима, односно да се опише структура у великом броју варијабли и упознају оне варијабле које су у сличном облику или имају слично понашање (Jolliffe, 2002). Пре самог спровођења анализе, извршена је провера адекватности података за експлоративну факторску анализу. Овај корак обухвата испитивање услова које треба да задовољи узорак, као што су постојање корелације између варијабли и величина узорка. Ови услови су битни за исправно и интерпретативно извођење PCA анализе. У конкретном случају, PCA анализа је извршена у статистичком софтверу *R 4.0.4*. у коме је коришћен пакет за мултиваријатну анализу и визуелизацију података.

Слика 6-3 приказује основе општег модела одрживог управљања водним ресурсима, односно разумевање интеракција између различитих квалитативних и квантитативних фактора и њиховог утицаја на квалитет сирове површинске воде у одређеном просторно-временском контексту. Централна тема модела су „квалитативне

и квантитативне осцилације“, што сугерише фокус на варијације како квалитета, тако и запреминских протицаја у водним телима. Овај концептуални оквир пружа основу за испитивање комплексне динамике која утиче на квалитет воде, чиме се подстиче развој ефикасних стратегија за заштиту ресурса питке воде у подручјима склоним екстремним хидролошким појавама.



Слика 6-3 Основе модела одрживог управљања водним ресурсима
(аутор, засновано према: Stanković и остали, 2023)

Као полазна, а притом и комплементарна анализа уз дескриптивну статистику, током реализације истраживања извршена је и оцена параметара еколошког статуса сирове воде на примеру оба анализирана водозавата, у функцији одабраних параметара квалитета сирове воде („Сл. гласник РС“, бр. 74/2011, 2011). Извршена је и оцена класа квалитета одабраних параметара квалитета сирове воде у односу на одредбе Уредбе о граничним вредностима загађујућих материја у површинским и подземним водама и седименту и роковима за њихово достизање („Сл. гласник РС“, бр. 50/2012), што је дато у поглављу 3.6.

6.2.1 Дескриптивна статистика протицаја и параметара квалитета сирове површинске воде

Сврха дескриптивне статистике је да омогући представљање и синтезу података, односно да уз помоћ ограниченог сета нумеричких показатеља изрази основно значење

скупа података. Примарне методологије које се примењују у оквиру дескриптивне статистике укључују визуелно (графичко) и табеларно представљање података, као и извођење кључних статистичких мера, као што су мере централне тенденције, варијабилитета и облика дистрибуције (Sheskin, 2003). Број посматрања, односно узорак (N) приказује укупни број измерених вредности за сваки параметар. Мера централне тенденције (M) пружа увид у вредност око које се групишу све анализиране вредности узорака. У контексту овог истраживања, коришћене су следеће мере централне тенденције: аритметичка средина, медијана и мод. Аритметичка средина представља просечну вредност у дистрибуцији, израчунату на основу података који су на интервалном или рационалном нивоу мерења. Медијана (Me) означава вредност на средини расподеле, при чему је број појединачних вредности испод и изнад медијане идентичан, делећи тако уређену секвенцу вредности на две једнаке половине, где свака садржи 50% укупних резултата. Мод (Mo) је најчешће опажени резултат у дистрибуцији. Стандардна девијација (SD) се дефинише као просечно одступање појединачних вредности од аритметичке средине, односно као квадратни корен средње вредности квадрата разлика између појединачних вредности и аритметичке средине. Већа вредност указује на веће одступање појединачних мерења од просека (Sheskin, 2020). Мере облика дистрибуције које се разматрају укључују скјунес (енг. *skewness*) и куртозис (енг. *kurtosis*). Скјунес представља квантитативни индикатор степена асиметрије расподеле вредности. Концепт скјунеса произилази из енглеског језика, где назив имплицира закривљеност или искривљеност расподеле. Вредности скјунеса могу бити позитивне, негативне или нулте. У случају симетричних дистрибуција, вредност скјунеса је нула, док у случају асиметричних расподела, предзнак вредности скјунеса одговара смеру асиметрије. С друге стране, куртозис се генерално дефинише као мера која показује степен у којој је дистрибуција резултата „спљоштеност“, односно указује на концентрацију вредности око средишњег дела расподеле у односу на нормалну дистрибуцију. Ова мера пружа увид у релативну висину и оштрину расподеле, узимајући у обзир стандардну девијацију као референтни параметар (Sheskin, 2020).

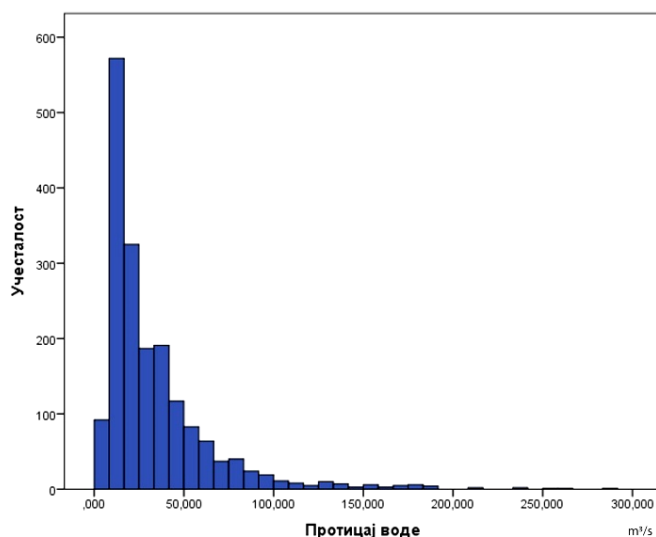
Запремински протицај воде и одабрани параметри квалитета сирове површинске воде (Табела 6-19) анализирани су применом мера централне тенденције. У анализи су коришћени аритметичка средина, као просечна вредност резултата, мод као најчесталија вредност у расподели, и медијана као средишња вредност. Да би се истражила форма дистрибуције података, примењен је коефицијент асиметрије (*Skewness*), док је *Kurtosis* коришћен за оцену „спљоштености“ дистрибуције. Ове

статистичке мере су пружиле бољи увид у корелацију између запреминског протицаја воде и параметара квалитета сирове површинске воде у периоду од јануара 2014. до децембра 2018. године за мерна места Ниш и Свође. Резултати такође истичу важност континуираног мониторинга и анализе квалитета сирових површинских вода у оквиру управљања водоснабдевањем и контроле квалитета воде.

Табела 6-19 Дескриптивна статистика прогицаја и параметара квалитета сирове површинске воде на мерним местима Ниш и Свође

Мерно место	N	M	Me	Mo	SD	Skewness	SE Skewness	Kurtosis	SE Kurtosis	Минимум	Максимум
Ниш	1826	33,714	22,900	12,500	32,238	2,825	0,057	11,242	0,114	4,560	288,000
	1823	27,492	10,500	2,200	77,807	12,493	0,057	225,119	0,115	0,210	1790,000
	1822	10,865	8,800	8,000	11,746	13,407	0,057	252,683	0,115	1,900	284,100
	1823	0,115	0,088	0,040	0,220	31,855	0,057	1219,142	0,115	0,011	8,600
	1821	6,105	5,800	5,800	1,715	0,739	0,057	2,362	0,115	1,690	20,300
	1824	0,048	0,040	0,005	0,048	14,781	0,057	397,691	0,115	0,005	1,443
	1776	0,137	0,078	0,010	1,486	41,845	0,058	1759,230	0,116	0,002	62,570
	1816	0,024	0,024	0,024	0,011	37,584	0,057	1507,943	0,115	0,009	0,483
	1823	8,434	8,000	8,000	18,784	42,695	0,057	1822,889	0,115	7,100	8,100
	1592	1,893	1,700	1,200	0,992	2,984	0,061	18,151	0,123	0,050	12,120
Свође	1826	8,096	4,675	2,850	10,281	4,891	0,057	37,104	0,114	1,330	133,000
	1823	39,828	13,650	5,058	94,414	6,955	0,057	62,828	0,115	0,900	1224,667
	1823	11,575	8,425	6,055	10,495	4,204	0,057	24,404	0,115	3,792	121,500
	1598	0,045	0,030	0,000	0,081	22,341	0,061	717,265	0,122	0,000	2,700
	1607	1,667	1,570	1,700	0,769	1,958	0,061	7,292	0,122	0,060	7,200
	1609	0,004	0,003	0,002	0,003	1,871	0,061	5,410	0,122	0,000	0,025
	1588	0,201	0,100	0,080	0,295	3,296	0,061	11,823	0,123	0,000	1,900
	1595	0,074	0,025	0,000	0,137	6,430	0,061	77,979	0,122	0,000	2,500
	1765	7,878	7,890	7,561	0,292	7,339	0,058	176,906	0,116	7,088	8,300
	1592	0,167	0,170	0,190	0,094	0,265	0,061	0,716	0,123	0,000	0,600

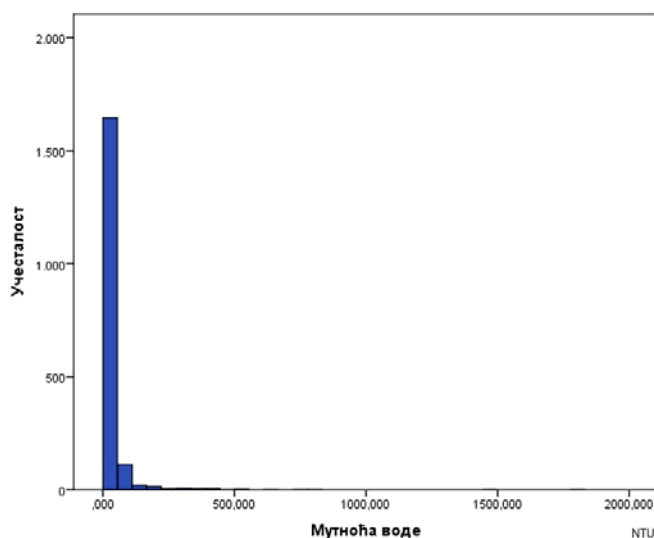
Средња вредност протицаја воде за мерно место Ниш, илустрована на слици 6-4, износи $33,71 \text{ m}^3/\text{s}$ ($SD=32,24$). Када се резултати поређају од најмањег до највећег, првих 50% посматраних вредности протицаја је до $22,90 \text{ m}^3/\text{s}$, док је друга половина изнад ових вредности ($Me=22,90$). Најчешћа измерена вредност протицаја била је $12,50 \text{ m}^3/\text{s}$ ($Mo=12,50$). Минимална регистрована вредност протицаја воде за мерно место Ниш била је $4,56 \text{ m}^3/\text{s}$ и измерена је 12.01.2014. године, док је максимална измерена вредност била $288,00 \text{ m}^3/\text{s}$ и измерена је 04.03.2018. године. Расподела протицаја воде показује изражену закошеност у десно ($Skewness$ је 2,83), што указује да има више мерења чије су вредности мање од аритметичке средине, него мерења чије су вредности веће од аритметичке средине. Такође, расподела је јако зашиљена ($Kurtosis$ је 11,24), што указује да се, у односу на нормалну дистрибуцију, подаци више групишу око средње вредности, због чега је варијабилитет података мањи.



Слика 6-4 Расподела протицаја воде за мерно место Ниш

Средња вредност мутноће воде за мерно место Ниш, илустрована на слици 6-5, износи 27,49 NTU ($SD=77,80$). Када се резултати поређају од најмањег до највећег, првих 50% узорака је имала вредност мутноће воде до 10,50 NTU, док је друга половина изнад ових вредности ($Me=10,50$). Најчешћа измерена вредност мутноће воде била је 2,20 NTU ($Mo=2,20$). Минимална регистрована вредност мутноће воде била је 0,21 NTU, забележена 06.06.2015. године, док је максимална измерена вредност била 1790,00 NTU и измерена је 15.05.2014. године. Расподела мутноће воде је јако закошена у десно, што указује да је више резултата који су мањих вредности и испод аритметичке средине ($Skewness$ је 12,49). Такође, расподела је изразито зашиљена ($Kurtosis$ је 225,12), што указује да се, у односу на нормалну дистрибуцију, подаци

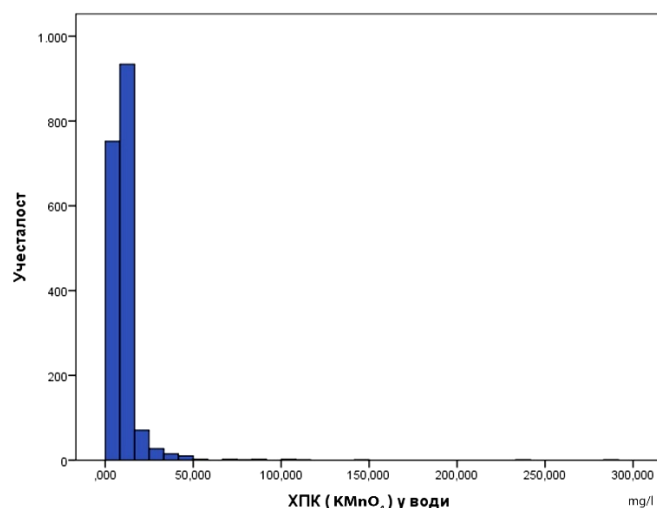
више групишу око средње вредности, због чега је варијабилитет података мањи. Оваква расподела указује на већи број узорак са ниским вредностима мутноће воде. Максимална забележена вредност мутноће воде за анализирани период је била око 8500 пута већа од минималне.



Слика 6-5 Расподела мутноће воде за мерно место Ниш

Средња вредност ХПК (KMnO_4) за мерно место Ниш, илустрована на слици 6-6, износи $10,87 \text{ mg/l}$ ($\text{SD}=11,75$). Када се резултати поређају од најмањег до највећег, првих 50% посматраних вредности ХПК (KMnO_4) је до $8,80 \text{ mg/l}$, док је друга половина изнад ових вредности ($\text{Me}=8,80$). Најчешће измерена вредност за ХПК (KMnO_4) је $8,00 \text{ mg/l}$ ($\text{Mo}=8,00$). Минимална вредност ХПК (KMnO_4) за мерно место Ниш је $1,90 \text{ mg/l}$ и измерена је 15.10.2018. године. Максимална вредност ХПК (KMnO_4) износила је $284,10 \text{ mg/l}$. Дан 15.05.2014. године са максималном вредношћу ХПК (KMnO_4) је исти као дан са максималном мутноћом ($1790,00 \text{ NTU}$), што указује на могућу повезаност између ове две варијабле.

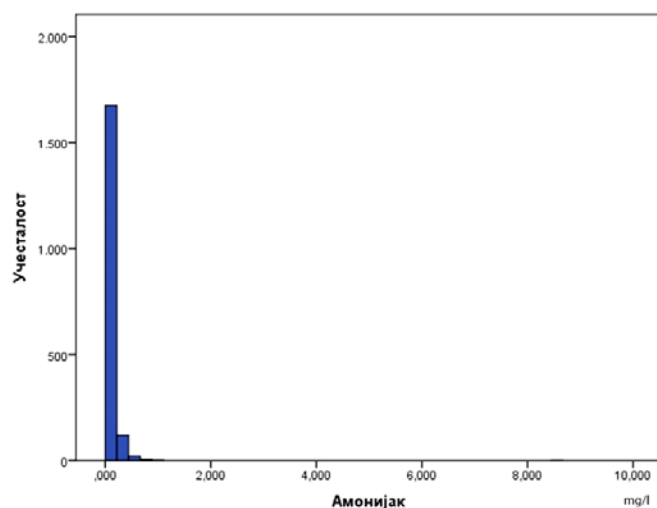
Расподела ХПК (KMnO_4) је јако закошена у десно (Skewness је $13,41$), што указује на доминацију ниских вредности ХПК (KMnO_4) у односу на средњу вредност. Такође, расподела је изразито зашиљена (Kurtosis је $252,68$), што указује на груписање података око средње вредности и њихов мањи варијабилитет. Максимална забележена вредност ХПК (KMnO_4) за анализирани период је била 26 пута већа од минималне.



Слика 6-6 Расподела ХПК (KMnO₄) за мерно место Ниш

Средња вредност амонијака за мерно место Ниш, приказана на слици 6-7, износи 0,12 mg/l (SD=0,22). Када се резултати поређају од најмањег до највећег, првих 50% посматраних вредности амонијака је до 0,09 mg/l, док је друга половина изнад ових вредности (Me=0,09). Најчешће измерена вредност амонијака износи 0,04 mg/l (Mo=0,04). Минимална вредност амонијака за мерно место Ниш је $C_{NH_3} = 0,01$ mg/l и измерена је 06.01.2015. године, а максимална вредност је $C_{NH_3} = 8,60$ mg/l и измерена је 26.09.2018. године.

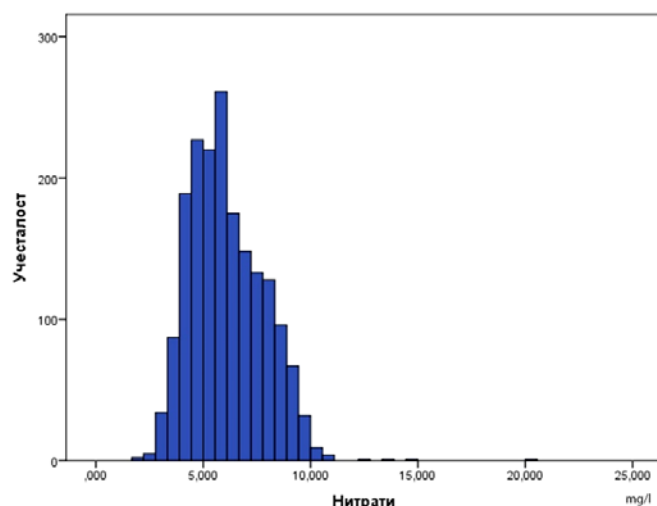
Расподела концентрације амонијака је јако закошена у десно (Skewness је 31,86), што указује да има више мерења чије су вредности мање од аритметичке средине него мерења чије су вредности веће од аритметичке средине. Такође, расподела је екстремно зашиљена (Kurtosis је 1219,142), са значајним бројем узорака испод средње вредности, због чега је варијабилитет података мањи, што значи да је концентрација амонијака релативно равномерно распоређена у целој анализираној области. Оваква зашиљена расподела може бити индикатор осетљивости екосистема на загађење амонијаком, што указује на потребу за детаљнијом анализом извора и утицаја. Максимална вредност амонијака за анализирани период је 860 пута већа од минималне.



Слика 6-7 Расподела амонијака у води за мерно место Ниш

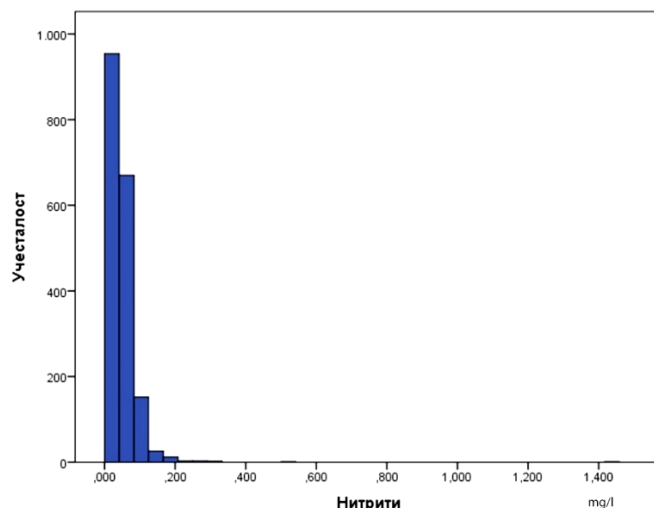
Средња вредност нитрата у води за мерно место Ниш (слика 6-8) износи 6,11 mg/l (SD=1,72). Када се резултати поређају од најмањег до највећег, првих 50% посматраних вредности нитрата у води је до 5,80 mg/l, док је друга половина изнад ових вредности (Me=5,80). Најчешће измерена вредност нитрата у води је 5,80 mg/l (Mo=5,80). Минимална вредност нитрата у води за мерно место Ниш је 1,69 mg/l и измерена је 27.08.2015. године, а максимална је 20,30 mg/l и измерена је 26.08.2017. године.

Расподела нитрата је умерено закошена у десно (Skewness је 0,74), што указује да има више мерења чије су вредности мање од аритметичке средине него мерења чије су вредности веће од аритметичке средине. Такође, расподела је јако зашиљена (Kurtosis је 2,36), што указује да се, у односу на нормалну дистрибуцију, подаци више групишу око средње вредности, због чега је варијабилитет података мањи. Ово значи да екстремне вредности нису толико изражене. Максимална вредност за анализирани период је 12 пута већа од минималне.



Слика 6-8 Расподела нитрата у води за мерно место Ниш

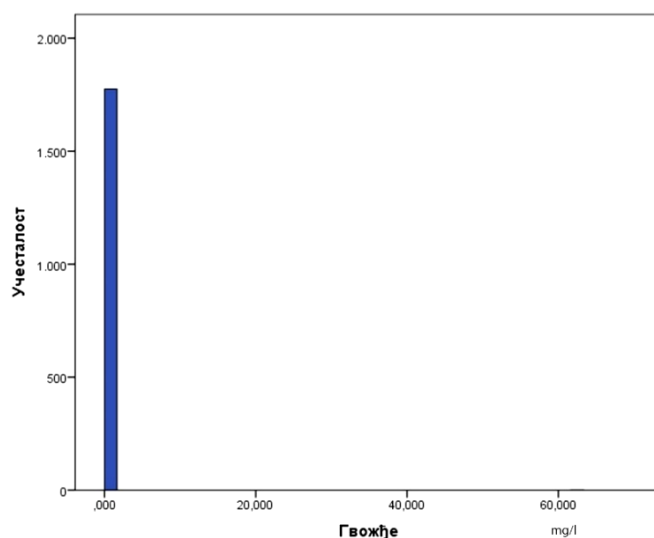
Средња вредност нитрита у води за мерно место Ниш (слика 6-9) износи 0,05 mg/l ($SD=0,05$). Када се резултати поређају од најмањег до највећег, првих 50% посматраних вредности нитрита у води је до 0,04 mg/l, док је друга половина изнад ових вредности ($Me=0,04$). Најчешће измерена вредност нитрита у води је 0,01 mg/l ($Mo=0,01$). Минимална вредност нитрита у води за мерно место Ниш је 0,005 mg/l, а максимална је 1,443 mg/l и измерена је 23.01.2014. године. Расподела нитрита у води је јако закошена у десно ($Skewness$ је 14,78), што указује да има више мерења чије су вредности мање од аритметичке средине него мерења чије су вредности веће од аритметичке средине. Такође, расподела је изразито зашиљена ($Kurtosis$ је 397,69), што указује да се, у односу на нормалну дистрибуцију, подаци више групишу око средње вредности, због чега је варијабилитет података мањи. Оваква расподела указује на већи број узорака са ниским концентрацијама нитрита. Максимална вредност нитрита за посматрани период је 144 пута већа од минималне.



Слика 6-9 Расподела нитрита у води за мерно место Ниш

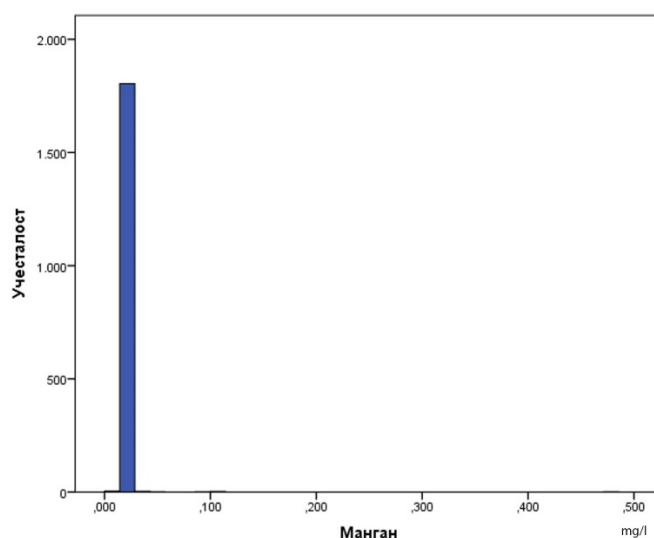
Средња вредност гвожђа у води за мерно место Ниш (слика 6-10) износи 0,14 mg/l (SD=1,49). Када се резултати поређају од најмањег до највећег, првих 50% посматраних вредности гвожђа у води је до 0,08 mg/l, док је друга половина изнад ових вредности (Me=0,08). Најчешће измерена вредност гвожђа у води је 0,01 mg/l (Mo=0,01). Минимална вредност гвожђа у води за мерно место Ниш је 0,002 mg/l и измерена је 23.01.2014. године, а максимална је 62,570 mg/l и измерена је 25.12.2016. године.

Расподела гвожђа у води је јако закошена у десно (Skewness је 41,85), што указује да има више мерења чије су вредности мање од аритметичке средине него мерења чије су вредности веће од аритметичке средине. Такође, расподела је екстремно зашиљена (Kurtosis је 1759,23), што указује да се, у односу на нормалну дистрибуцију, подаци више групишу око средње вредности.



Слика 6-10 Расподела гвожђа у води за мерно место Ниш

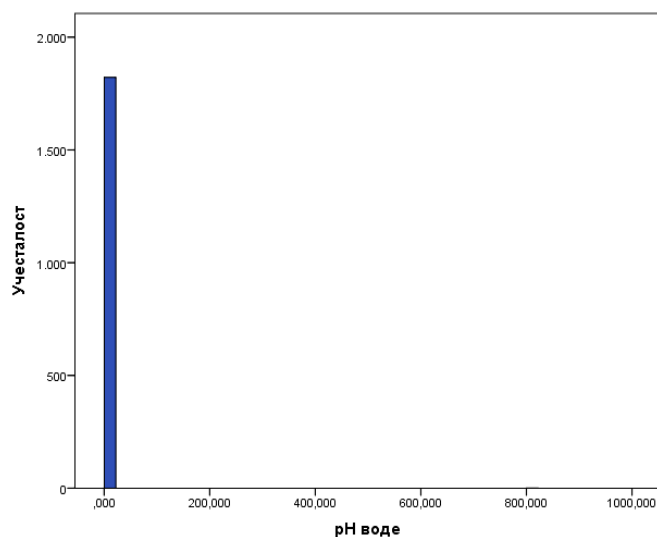
Средња вредност мангана у води за мерно место Ниш (слика 6-11) износи 0,02 mg/l (SD=0,01). Када се резултати поређају од најмањег до највећег, првих 50% посматраних вредности мангана у води је до 0,02 mg/l, док је друга половина изнад ових вредности (Me=0,02). Најчешће измерена вредност мангана у води је 0,02 mg/l (Mo=0,02). Минимална вредност мангана у води за мерно место Ниш је 0,01 mg/l и измерена је 30.03.2014, 19.04.2014, 19.04.2015 и 06.10.2018. године, а максимална је 0,48 mg/l и измерена је 21.04.2014. године. Расподела мангана у води је јако закошена у десно (Skewness је 37,58), што указује да има више мерења чије су вредности мање од аритметичке средине него мерења чије су вредности веће од аритметичке средине. Такође, расподела је изразито зашиљена (Kurtosis је 1507,94), што указује да се, у односу на нормалну дистрибуцију, подаци више групишу око средње вредности.



Слика 6-11 Расподела мангана у води за мерно место Ниш

Средња рН вредност воде за мерно место Ниш (слика 6-12) износи 8,43 (SD=18,78). Када се резултати поређају од најмањег до највећег, првих 50% посматраних рН вредности воде је до 8,00; док је друга половина изнад ових вредности (Me=8,00). Најчешће измерена рН вредност воде је 8,00 (Mo=8,00). Минимална рН вредност воде за мерно место Ниш је 7,10 и измерена је 15.07.2014. године, а максимална је 8,10 и измерена је 12.08.2014. године. Расподела рН вредности воде је јако закошена у десно (Skewness је 42,71), што указује да има више мерења чије су вредности мање од аритметичке средине него мерења чије су вредности веће од аритметичке средине. Такође, расподела је изразито зашиљена (Kurtosis је 1822,89), што

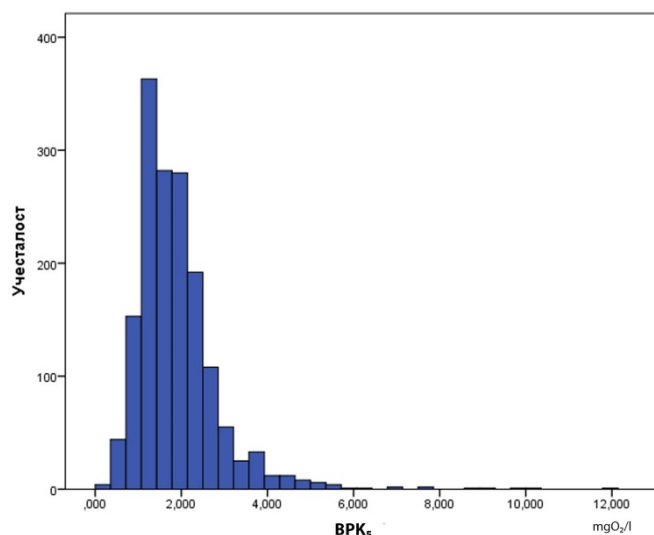
указује да се, у односу на нормалну дистрибуцију, подаци више групишу око средње вредности.



Слика 6-12 Расподела pH вредности воде за мерно место Ниш

Средња вредност БПК₅ за мерно место Ниш (слика 6-13) износи 1,89 mgO₂/l (SD=0,99). Када се резултати поређају од најмањег до највећег, првих 50% посматраних вредности БПК₅ је до 1,70 mgO₂/l, док је друга половина изнад ових вредности (Me=1,70). Најчешће измерена вредност БПК₅ је 1,20 mgO₂/l (Mo=1,20). Минимална вредност БПК₅ за мерно место Ниш је 0,05 mgO₂/l и измерена је 20.04.2015. године, а максимална је 12,12 mgO₂/l и измерена је 29.04.2018. године.

Расподела БПК₅ воде је јако закошена у десно (Skewness је 2,98), што указује да има више мерења чије су вредности мање од аритметичке средине него мерења чије су вредности веће од аритметичке средине. Такође, расподела је изразито зашиљена (Kurtosis је 18,15), што указује да се, у односу на нормалну дистрибуцију, подаци више групишу око средње вредности.



Слика 6-13 Расподела BPK₅ у води за мерно место Ниш

Да би се проверила повезаност мутноће воде са ХПК (KMnO₄) и BPK₅ за мерно место Ниш коришћен је Пирсонов коефицијент корелације (r) (табела 6-20). N у табели представља величину узорка, док p – вредност указује на вероватноћу да се добијени резултати могу јавити случајно.

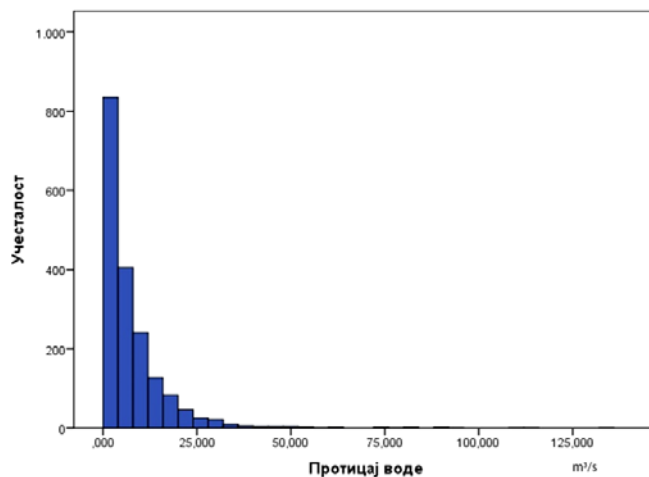
Табела 6-20 Повезаност мутноће воде са утроском KMnO₄ и BPK₅ за мерно место Ниш

	Мутноћа воде (NTU)		
	r	p	N
ХПК (mg/l)	0,737	0,000	1822
BPK ₅ (mgO ₂ /l)	0,216	0,000	1591

Мутноћа воде за мерно место Ниш је значајно, јако и позитивно повезана са ХПК (KMnO₄); r (1822)=0,74, p =0,00. Повезаност мутноће воде за мерно место Ниш са BPK₅ је значајна, слаба и позитивна (1591)=0,22, p =0,00.

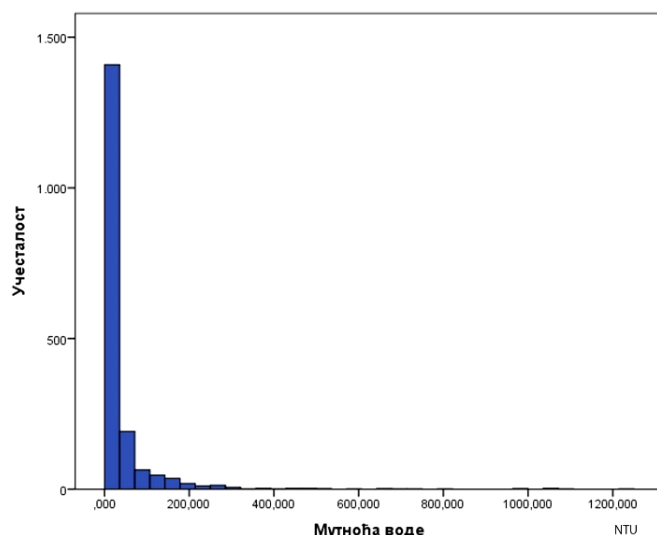
Посматрајући, даље, резултате дескриптивне статистике протицаја и показатеља квалитета сирове површинске воде за мерно место Свође, код Власотинца, уочава се средња вредност протицаја воде (слика 6-14) која износи 8,10 m³/s (SD=10,28). Када се резултати поређају од најмањег до највећег, првих 50% посматраних вредности протицаја је до 4,68 m³/s, док је друга половина изнад ових вредности (Me=4,68). Најчешће измерена вредност протицаја је 2,85 m³/s (Mo=12,50). Минимална вредност протицаја воде за мерно место Свође је 1,33 m³/s и измерена је 16.09.2015. године, а максимална је 133,00 m³/s и измерена је 04.03.2018. године. Расподела протицаја воде је јако закошена у десно (Skewness је 4,89), што указује да има више мерења чије су вредности мање од аритметичке средине него мерења чије су вредности веће од

аритметичке средине. Такође, расподела је изразито зашиљена (Kurtosis је 37,10), што указује да се, у односу на нормалну дистрибуцију, подаци више групишу око средње вредности.



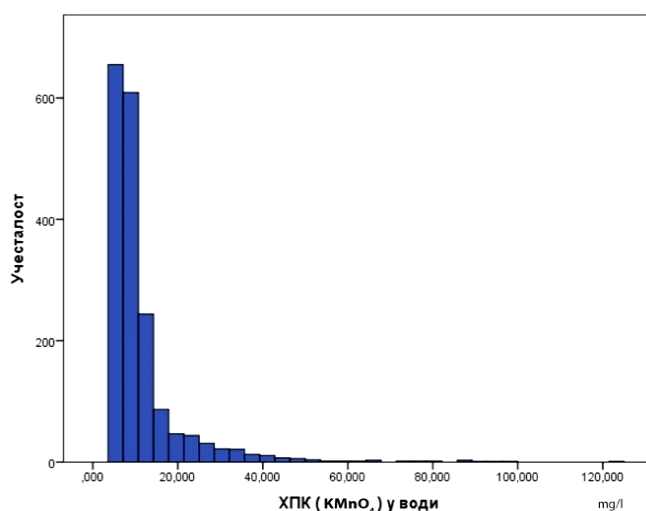
Слика 6-14 Расподела протицаја воде за мерно место Свође

Средња вредност мутноће воде за мерно место Свође (слика 6-15) износи 29,83 NTU (SD=94,41). Када се резултати поређају од најмањег до највећег, првих 50% посматраних вредности мутноће воде је до 13,65 NTU, док је друга половина изнад ових вредности (Me=13,65). Најчешће измерена вредност мутноће воде је 5,06 NTU (Mo=5,06). Минимална вредност мутноће воде за мерно место Свође је 0,90 NTU и измерена је 31.12.2015. године, а максимална је 1224,67 NTU и измерена је 28.03.2015. године. Расподела протицаја воде је јако закошена у десно (Skewness је 6,96), што указује да има више мерења чије су вредности мање од аритметичке средине него мерења чије су вредности веће од аритметичке средине. Такође, расподела је изразито зашиљена (Kurtosis је 62,83), што указује да се, у односу на нормалну дистрибуцију, подаци више групишу око средње вредности.



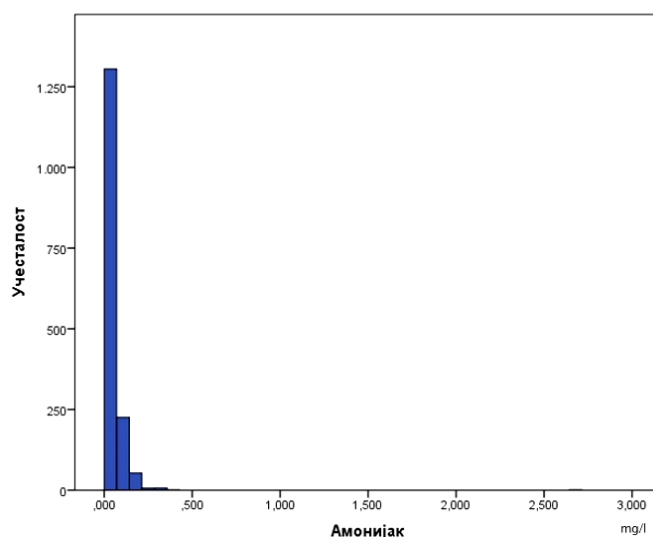
Слика 6-15 Расподела мутноће воде за мерно место Свође

Средња вредност ХПК (KMnO_4) за мерно место Свође (слика 6-16) износи 11,58 mg/l ($\text{SD}=10,50$). Када се резултати поређају од најмањег до највећег, првих 50% посматраних вредности ХПК (KMnO_4) је до 8,43 mg/l, док је друга половина изнад ових вредности ($\text{Me}=8,43$). Најчешће измерена вредност ХПК (KMnO_4) је 6,06 mg/l ($\text{Mo}=6,06$). Минимална вредност ХПК (KMnO_4) за мерно место Свође је 3,79 mg/l и измерена је 04.02.2014. године, а максимална је 121,50 mg/l и измерена је 28.03.2015. године. Расподела ХПК (KMnO_4) је јако закошена у десно (Skewness је 4,20), што указује да има више мерења чије су вредности мање од аритметичке средине него мерења чије су вредности веће од аритметичке средине. Такође, расподела је изразито зашиљена (Kurtosis је 24,40), што указује да се, у односу на нормалну дистрибуцију, подаци више групишу око средње вредности.



Слика 6-16 Расподела ХПК (KMnO_4) у води за мерно место Свође

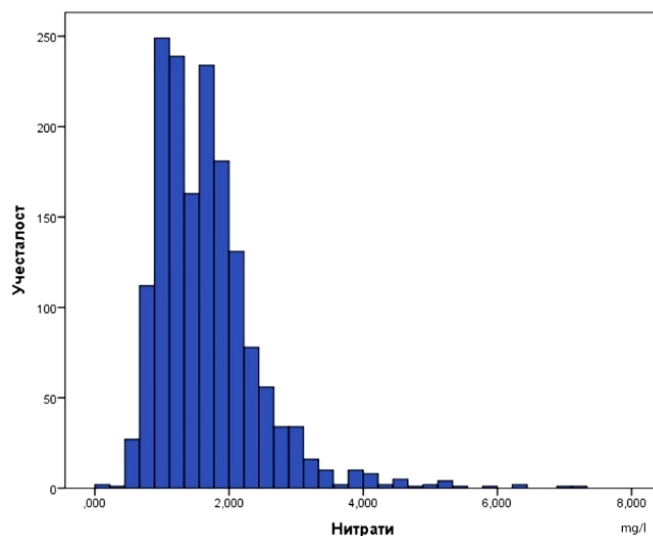
Средња вредност амонијака за мерно место Свође (слика 6-17) износи 0,05 mg/l (SD=0,08). Када се резултати поређају од најмањег до највећег, првих 50% посматраних вредности амонијака је до 0,03 mg/l; док је друга половина изнад ових вредности (Me=0,03). Најчешће измерена вредност амонијака је 0 mg/l (Mo=0,00). У прилогу 4 приказани су дани у којима су, за посматрани период, измерене минималне вредности амонијака. Максимална вредност амонијака је 2,70 mg/l и измерена је 04.08.2014. године. Расподела амонијака је јако закошена у десно (Skewness је 22,34), што указује да има више мерења чије су вредности мање од аритметичке средине него мерења чије су вредности веће од аритметичке средине. Такође, расподела је изразито зашиљена (Kurtosis је 717,27), што указује да се, у односу на нормалну дистрибуцију, подаци више групишу око средње вредности.



Слика 6-17 Расподела амонијака у води за мерно место Свође

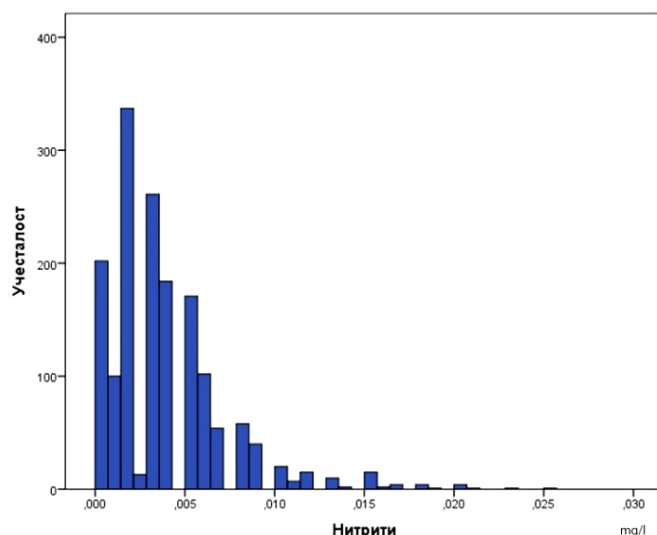
Средња вредност нитрата у води за мерно место Свође (слика 6-18) износи 1,67 mg/l (SD=0,77). Када се резултати поређају од најмањег до највећег, првих 50% посматраних вредности нитрата у води је до 1,57 mg/l; док је друга половина изнад ових вредности (Me=1,57). Најчешће измерена вредност нитрата у води је 1,70 mg/l (Mo=1,70). Минимална вредност нитрата у води за мерно место Свође је 0,06 mg/l и измерена је 21.10.2014. године, а максимална је 7,20 mg/l и измерена је 23.01.2015. године. Расподела нитрата у води је јако закошена у десно (Skewness је 1,96), што указује да има више мерења чије су вредности мање од аритметичке средине него мерења чије су вредности веће од аритметичке средине. Такође, расподела је јако

зашиљена (Kurtosis је 7,29), што указује да се, у односу на нормалну дистрибуцију, подаци више групишу око средње вредности.



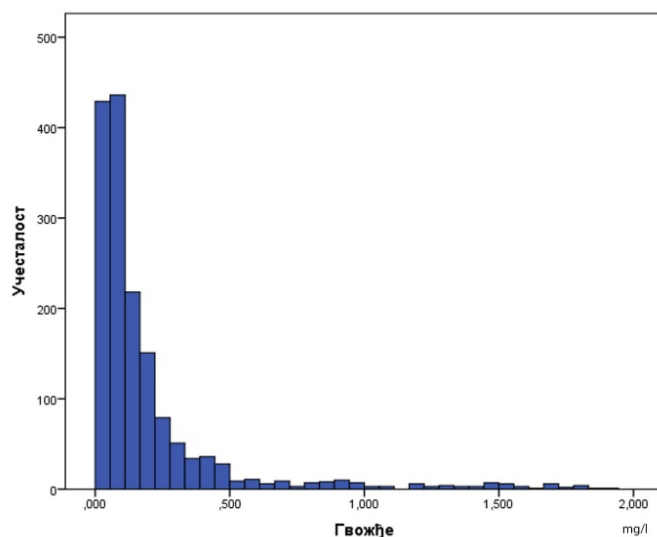
Слика 6-18 Расподела нитрата у води за мерно место Свође

Средња вредност нитрита у води за мерно место Свође (слика 6-19) износи 0,004 mg/l (SD=0,003). Када се резултати поређају од најмањег до највећег, првих 50% посматраних вредности нитрита у води је до 0,003 mg/l, док је друга половина изнад ових вредности (Me=0,003). Најчешће измерена вредност нитрита у води је 0,002 mg/l (Mo=0,002). Минимална вредност нитрита у води за мерно место Свође је 0 mg/l. Прилог 5 приказује дане у којима су, за посматрани период, измерене минималне вредности нитрита. Максимална вредност нитрита у води за мерно место Свође износи 0,025 mg/l и измерена је 01.08.2014. године. Расподела нитрита у води је јако закошена у десно (Skewness је 1,87), што указује да има више мерења чије су вредности мање од аритметичке средине него мерења чије су вредности веће од аритметичке средине. Такође, расподела је изразито зашиљена (Kurtosis је 5,41), што указује да се, у односу на нормалну дистрибуцију, подаци више групишу око средње вредности.



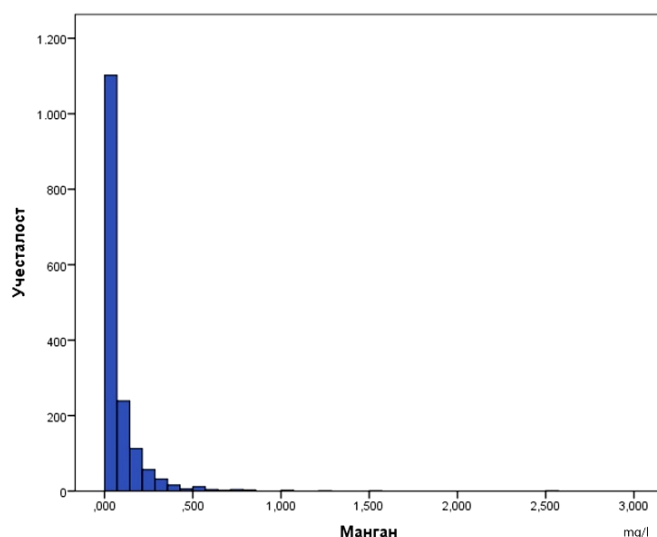
Слика 6-19 Расподела нитрита у води за мерно место Свође

Средња вредност гвожђа у води за мерно место Свође (слика 6-20) износи 0,20 mg/l (SD=0,30). Када се резултати поређају од најмањег до највећег, првих 50% посматраних вредности гвожђа у води је до 0,10 mg/l, док је друга половина изнад ових вредности (Me=0,10). Најчешће измерена вредност гвожђа у води је 0,08 mg/l (Mo=0,08). Минимална вредност гвожђа у води за мерно место Свође је 0 mg/l и измерена је 25.09.2014, 30.10.2015, 19.11.2015, 18.11.2015. и 2.12.2014. године, а максимална је 1,90 mg/l и измерена је 15.05.2014. године. Расподела концентрације гвожђа у води је јако закошена у десно (Skewness је 3,30), што указује да има више мерења чије су вредности мање од аритметичке средине него мерења чије су вредности веће од аритметичке средине. Такође, расподела је изразито зашиљена (Kurtosis је 11,82), што указује да се, у односу на нормалну дистрибуцију, подаци више групишу око средње вредности.



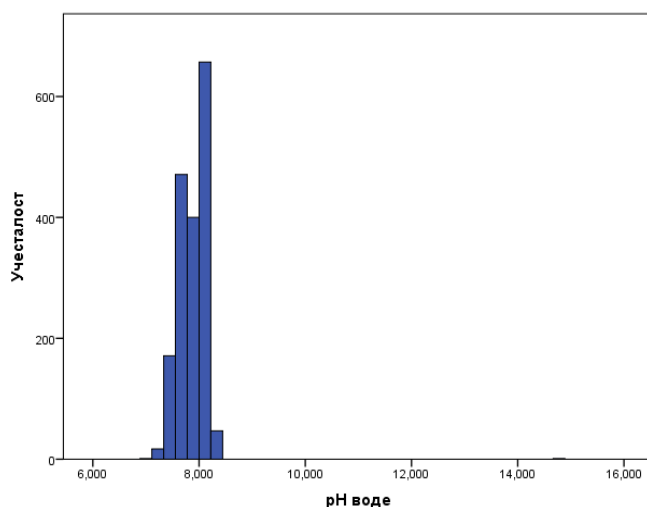
Слика 6-20 Расподела гвожђа у води за мерно место Свође

Средња вредност мангана у води за мерно место Свође (слика 6-21) износи 0,07 mg/l (SD=0,14). Када се резултати поређају од најмањег до највећег, првих 50% посматраних вредности мангана у води је до 0,03 mg/l, док је друга половина изнад ових вредности (Me=0,03). Најчешће измерена вредност мангана у води је 0 mg/l (Mo=0,00). Минимална вредност мангана у води за мерно место Свође је 0 mg/l и измерена је јануара 2014, 2015, 2016, 2017 и 2018. године, а максимална је 2,50 mg/l и измерена је 19.04.2014. године. Расподела мангана у води је јако закошена у десно (Skewness је 6,43), што указује да има више мерења чије су вредности мање од аритметичке средине него мерења чије су вредности веће од аритметичке средине. Такође, расподела је изразито зашиљена (Kurtosis је 77,98), што указује да се, у односу на нормалну дистрибуцију, подаци више групишу око средње вредности.



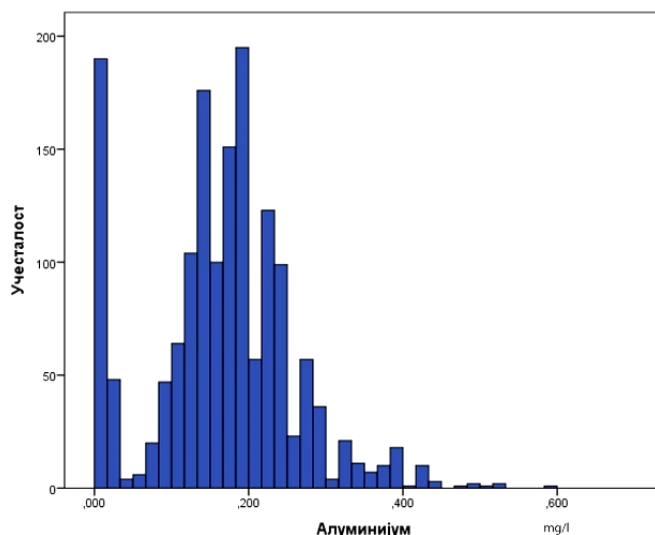
Слика 6-21 Расподела мангана у води за мерно место Свође

Средња рН вредност воде за мерно место Свође (слика 6-22) износи 7,88 ($SD=0,29$). Када се резултати поређају од најмањег до највећег, првих 50% посматраних рН вредности воде је до 7,89; док је друга половина изнад ових вредности ($Me=7,89$). Најчешће измерена рН вредност воде је 7,56 ($Mo=7,56$). Минимална рН вредност воде за мерно место Свође је 7,09 и измерена је 21.07.2014. године, а максимална је 8,30 и измерена је 12.08.2014. године. Расподела рН вредности је јако закошена у десно ($Skewness$ је 7,34), што указује да има више мерења чије су вредности мање од аритметичке средине него мерења чије су вредности веће од аритметичке средине. Такође, расподела је изразито зашиљена ($Kurtosis$ је 176,91), што указује да се, у односу на нормалну дистрибуцију, подаци више групишу око средње вредности.



Слика 6-22 Расподела рН вредности воде за мерно место Свође

Средња вредност алуминијума у води за мерно место Свође (слика 6-23) износи 0,17 mg/l (SD=0,09). Када се резултати поређају од најмањег до највећег, првих 50% посматраних вредности алуминијума у води је до 0,17 mg/l, док је друга половина изнад ових вредности (Me=0,17). Најчешћа измерена вредност алуминијума у води је 0,19 mg/l (Mo=0,19). Минимална вредност алуминијума у води за мерно место Свође је 0 mg/l и измерена је у јуну 2018. године, а максимална је 0,60 mg/l и измерена је 16.12.2014. године. Расподела алуминијума у води је благо закошена у десно (Skewness је 0,27), што указује да има више мерења чије су вредности мање од аритметичке средине него мерења чије су вредности веће од аритметичке средине. Такође, расподела је умерено зашиљена (Kurtosis је 0,72), што указује да се, у односу на нормалну дистрибуцију, подаци више групишу око средње вредности.



Слика 6-23 Расподела алуминијума у води за мерно место Свође

Да би се проверила повезаност мутноће воде са ХПК (KMnO_4) за мерно место Свође коришћен је Пирсонов коефицијент корелације. Мутноћа воде за мерно место Свође је значајно, јако и позитивно повезана са ХПК (KMnO_4); $r(1823)=0,76$, $p=0,00$. Дистрибуција није представљена табеларно, обзиром да за мерно место Свође нису анализирани вредности параметра БПК₅.

За све анализиране параметре квалитета сирове површинске воде, осим концентрације нитрата на мерном месту Ниш и алуминијума на мерном месту Свође, расподела протицаја показује изражену закошеност у десно, што указује на већи број мерења са вредностима нижим од аритметичке средине. За концентрације нитрита на

мерном месту Ниш и алуминијума на мерном месту Свође, асиметрија је умерена. Што се тиче параметра квалитета сирове површинске воде на мерном месту Свође, расподела показује високу зашиљеност, што сугерише да су подаци више груписани око средње вредности у поређењу са нормалном дистрибуцијом, што резултира мањом варијабилношћу, док је за алуминијум та зашиљеност умерена.

За мерна места Ниш и Свође, значајно је истакнути да Пирсонов коефицијент корелације показује високе вредности, конкретно више од 0,7, што у контексту параметра ХПК (KMnO_4) на оба мерна места указује на снажну и позитивну корелацију између мутноће воде и наведеног параметра.

6.2.2 Дескриптивна статистика протицаја и параметара квалитета сирове површинске воде за мерно место Ниш без екстремних вредности запреминских протицаја

Из укупног скупа података ($N=1826$) су уклоњене екстремне вредности запреминских протицаја (табела 6-21) са циљем анализе узрочно-последичне везе између промена запреминског протицаја и одабраних параметара квалитета сирове воде у условима који се могу сматрати просечним стањем водног режима на анализираном мерном месту. Екстремним вредностима су сматрана мерења протицаја воде до 1. перцентила ($\leq 5,536$) и изнад 99. перцентила ($\geq 173,730$). Без екстремних вредности, остало је 1790 мерења запреминских протицаја, за које је рађена анализа.

Табела 6-21 Дескриптивна статистика протицаја и показатеља квалитета сирове површинске воде за мерно место Ниш према подацима без екстремних вредности запреминских протицаја

	<i>M</i>	<i>Me</i>	<i>Mo</i>	<i>SD</i>	<i>Минимум</i>	<i>Максимум</i>
Протицај (m^3/s)	32,857	25,557	8,19	24,547	8,193	135,811
Мутноћа (NTU)	25,834	20,682	2,22	20,913	2,218	97,773
ХПК (KMnO_4) (mg/l)	10,591	9,964	6,99	3,048	6,989	22,459
Амонијак (mg/l)	0,115	0,103	0,07	0,054	0,067	0,452
Нитрати (mg/l)	6,071	5,926	4,21	1,050	4,210	8,377
Нитрити (mg/l)	0,049	0,046	0,02	0,023	0,018	0,166
Гвожђе (mg/l)	0,133	0,099	0,066	0,259	0,023	2,087
Манган (mg/l)	0,024	0,024	0,024	0,002	0,024	0,040
pH вредност	8,426	7,990	7,988	3,341	7,875	8,233
БПК ₅ (mgO_2/l)	1,948	1,788	1,01	0,647	1,006	3,625

Применом методе у *SPSS* програму, креирана је дескриптивна статистика протицаја воде и параметара квалитета сирове воде за мерно место Ниш, што је дато у табели 6-21. Средња вредност протицаја воде за мерно место Ниш износи 32,86 m³/s (SD=24,55). Када се резултати поређају од најмањег до највећег, првих 50% посматраних вредности протицаја је до 25,56 m³/s; док је друга половина изнад ових вредности (Me=25,56). Најчешћа измерена вредност протицаја је 8,19 m³/s (Mo=8,19). Минимална вредност протицаја воде за мерно место Ниш је 8,19 m³/s, а максимална је 135,81 m³/s.

Средња вредност мутноће воде за мерно место Ниш износи 25,83 NTU (SD=20,91). Када се резултати поређају од најмањег до највећег, првих 50% посматраних вредности мутноће воде је до 20,68 NTU; док је друга половина изнад ових вредности (Me=20,68). Најчешћа измерена вредност мутноће воде је 2,22 NTU (Mo=2,22). Минимална вредност мутноће воде за мерно место Ниш је 2,22 NTU, а максимална је 97,77 NTU.

Средња ХПК (KMnO₄) за мерно место Ниш износи 10,59 mg/l (SD=3,05). Када се резултати поређају од најмањег до највећег, првих 50% посматраних вредности ХПК (KMnO₄) је до 9,96 mg/l; док је друга половина изнад ових вредности (Me=9,96). Најчешће измерена ХПК (KMnO₄) је 6,99 mg/l (Mo=6,99). Минимална ХПК (KMnO₄) за мерно место Ниш је 6,99 mg/l, а максимална је 22,46 mg/l.

Средња вредност амонијака за мерно место Ниш износи 0,12 mg/l (SD=0,05). Када се резултати поређају од најмањег до највећег, првих 50% посматраних вредности амонијака је до 0,10 mg/l; док је друга половина изнад ових вредности (Me=0,10). Најчешће измерена вредност амонијака је 0,07 mg/l (Mo=0,07). Минимална вредност амонијака за мерно место Ниш је 0,07 mg/l, а максимална је 0,45 mg/l.

Средња вредност нитрата у води за мерно место Ниш износи 6,07 mg/l (SD=1,05). Када се резултати поређају од најмањег до највећег, првих 50% посматраних вредности нитрата у води је до 5,93 mg/l; док је друга половина изнад ових вредности (Me=5,93). Најчешће измерена вредност нитрата у води је 4,21 mg/l (Mo=4,21). Минимална вредност нитрата у води за мерно место Ниш је 4,21 mg/l, а максимална је 8,38 mg/l.

Средња вредност нитрита у води за мерно место Ниш износи 0,05 mg/l (SD=0,02). Када се резултати поређају од најмањег до највећег, првих 50% измерене вредности нитрита у води је до 0,05 mg/l; док је друга половина изнад ових вредности (Me=0,05).

Најчешће измерена вредност нитрита у води је 0,02 mg/l ($M_o=0,02$). Минимална вредност нитрита у води за мерно место Ниш је 0,02 mg/l, а максимална је 0,17 mg/l.

Средња вредност гвожђа у води за мерно место Ниш износи 0,13 mg/l ($SD=0,26$). Када се резултати поређају од најмањег до највећег, првих 50% посматраних вредности гвожђа у води је до 0,10 mg/l; док је друга половина изнад ових вредности ($M_e=0,10$). Најчешће измерена вредност гвожђа у води је 0,07 mg/l ($M_o=0,07$). Минимална вредност гвожђа у води за мерно место Ниш је 0,02 mg/l, а максимална је 2,09 mg/l.

Средња вредност мангана у води за мерно место Ниш износи 0,02 mg/l ($SD=0,002$). Када се резултати поређају од најмањег до највећег, првих 50% посматраних вредности мангана у води је до 0,02 mg/l; док је друга половина изнад ових вредности ($M_e=0,02$). Најчешће измерена вредност мангана у води је 0,02 mg/l ($M_o=0,02$). Минимална вредност мангана у води за мерно место Ниш је 0,02 mg/l, а максимална је 0,04 mg/l.

Средња рН вредност воде за мерно место Ниш износи 8,43 ($SD=3,34$). Када се резултати поређају од најмањег до највећег, првих 50% посматраних рН вредности воде је до 7,99; док је друга половина изнад ових вредности ($M_e=7,99$). Најчешће измерена рН вредност воде је 7,99 ($M_o=7,99$). Минимална рН вредност воде за мерно место Ниш је 7,88, а максимална је 8,23.

Средња вредност БПК₅ за мерно место Ниш износи 1,95 mg/l ($SD=0,65$). Када се резултати поређају од најмањег до највећег, првих 50% посматраних вредности БПК₅ је до 1,79 mg/l; док је друга половина изнад ових вредности ($M_e=1,79$). Најчешће измерена вредност БПК₅ је 1,01 mg/l ($M_o=1,01$). Минимална вредност БПК₅ за мерно место Ниш је 1,01 mg/l, а максимална је 3,63 mg/l.

6.2.3 Дескриптивна статистика протицаја и показатеља квалитета сирове површинске воде за мерно место Свође без екстремних вредности

Из укупног скупа података (1826) су уклоњене екстремне вредности (табела 6-22), са циљем анализе узрочно-последичне везе између промена запреминског протицаја и одабраних параметара квалитета сирове воде у условима који се могу сматрати просечним стањем водног режима на анализираном мерном месту. Екстремним вредностима су сматрана мерења протицаја воде која су до 1. перцентила ($\leq 1,50$) и изнад 99. перцентила ($\geq 173,730$). Анализа је потом рађена на укупно 1785 мерења

запреминских протицаја. Применом методе, у SPSS програму, креирана је дескриптивна статистика протицаја воде и параметара квалитета сирове површинске воде за мерно место Свође, што је дато у табели 6-22.

Табела 6-22 Дескриптивна статистика протицаја и параметара квалитета сирове воде за мерно место Свође према подацима без екстремних вредности

	<i>M</i>	<i>Me</i>	<i>Mo</i>	<i>SD</i>	<i>Минимум</i>	<i>Максимум</i>
Протицај (m ³ /s)	7,504	5,798	1,77	5,770	1,767	25,170
Мутноћа (NTU)	36,902	33,159	50,068	33,570	2,492	164,093
ХПК (KMnO ₄) (mg/l)	11,320	10,884	14,199	3,793	4,975	19,975
Амонијак (mg/l)	0,046	0,040	0,03	0,028	0,011	0,156
Нитрати (mg/l)	1,626	1,524	1,17	0,550	0,819	3,409
Нитрити (mg/l)	0,004	0,004	0,00	0,001	0,001	0,008
Гвожђе (mg/l)	0,202	0,171	0,25	0,129	0,028	0,742
Манган (mg/l)	0,072	0,069	0,09	0,054	0,004	0,241
pH вредност	7,881	7,900	7,758	0,217	7,502	8,310
Алуминијум (mg/l)	0,158	0,166	0,12	0,083	0,004	0,308

Просечна вредност протицаја воде за мерно место Свође износи 7,50 m³/s (SD=5,77). Када се резултати поређају од најмањег до највећег, првих 50% измерене вредности протицаја је до 5,80 m³/s; док је друга половина изнад ових вредности (Me=5,80). Најчешћа измерена вредност протицаја је 1,77 m³/s (Mo=1,77). Минимална вредност протицаја воде за мерно место Свође је 1,77 m³/s, а максимална је 25,17 m³/s.

Просечна вредност мутноће воде за мерно место Свође износи 36,90 NTU (SD=33,57). Када се резултати поређају од најмањег до највећег, првих 50% посматраних вредности мутноће воде је до 33,16 NTU; док је друга половина изнад ових вредности (Me=33,16). Најчешћа вредност мутноће воде је 50,07 NTU (Mo=50,07). Минимална вредност мутноће воде за мерно место Свође је 2,49 NTU, а максимална је 164,98 NTU.

Просечна ХПК (KMnO₄) за мерно место Свође износи 11,32 mg/l (SD=3,79). Када се резултати поређају од најмањег до највећег, првих 50% посматраних вредности ХПК (KMnO₄) је до 10,88 mg/l; док је друга половина изнад ових вредности (Me=10,88). Најчешће измерена ХПК (KMnO₄) је 14,20 mg/l (Mo=14,20). Минимална ХПК (KMnO₄) за мерно место Свође је 4,98, а максимална је 19,98 mg/l.

Просечна вредност амонијака у води за мерно место Свође износи 0,05 mg/l (SD=0,03). Када се резултати поређају од најмањег до највећег, првих 50% посматраних вредности амонијака је до 0,04 mg/l; док је друга половина изнад ових вредности (Me=0,04). Најчешће измерена вредност амонијака је 0,03 mg/l (Mo=0,03). Минимална вредност амонијака за мерно место Свође је 0,01 mg/l, а максимална је 0,16 mg/l.

Средња вредност нитрата у води за мерно место Свође износи 1,63 mg/l (SD=0,55). Када се резултати поређају од најмањег до највећег, првих 50% посматраних вредности нитрата у води је до 1,52 mg/l; док је друга половина изнад ових вредности (Me=1,52). Најчешће измерена вредност нитрата у води је 1,17 mg/l (Mo=1,17). Минимална вредност нитрата у води за мерно место Свође је 0,82 mg/l, а максимална је 3,41 mg/l.

Средња вредност нитрита у води за мерно место Свође износи 0,004 mg/l (SD=0,001). Када се резултати поређају од најмањег до највећег, првих 50% посматраних вредности нитрита у води је до 0,004 mg/l; док је друга половина изнад ових вредности (Me=0,004). Најчешће измерена вредност нитрита у води је 0 mg/l (Mo=0,00). Минимална вредност нитрита у води за мерно место Свође је 0,001 mg/l, а максимална је 0,008 mg/l.

Средња вредност гвожђа у води за мерно место Свође износи 0,20 mg/l (SD=0,13). Када се резултати поређају од најмањег до највећег, првих 50% посматраних вредности гвожђа у води је до 0,17 mg/l; док је друга половина изнад ових вредности (Me=0,17). Најчешће измерена вредност гвожђа у води је 0,25 mg/l (Mo=0,25). Минимална вредност гвожђа у води за мерно место Свође је 0,03 mg/l, а максимална је 0,74 mg/l.

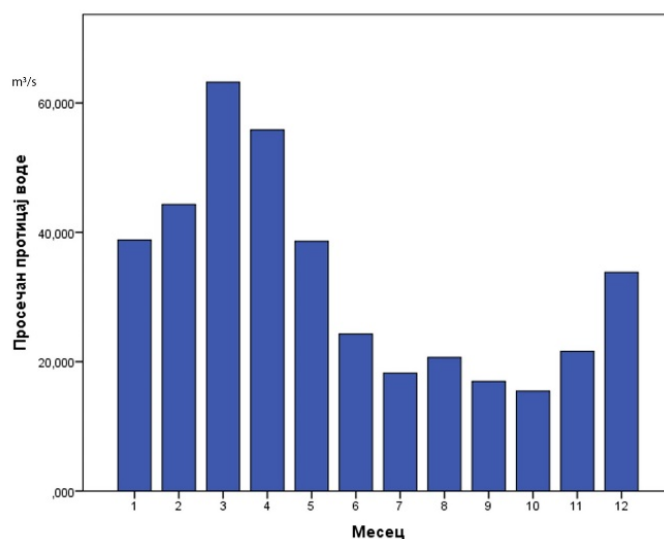
Средња вредност мангана у води за мерно место Свође износи 0,07 mg/l (SD=0,05). Када се резултати поређају од најмањег до највећег, првих 50% посматраних вредности мангана у води је до 0,07 mg/l; док је друга половина изнад ових вредности (Me=0,07). Најчешће измерена вредност мангана у води је 0,09 mg/l (Mo=0,09). Минимална вредност мангана у води за мерно место Свође је 0,004 mg/l, а максимална је 0,24 mg/l.

Средња рН вредност воде за мерно место Свође износи 7,88 (SD=0,22). Када се резултати поређају од најмањег до највећег, првих 50% посматраних рН вредности

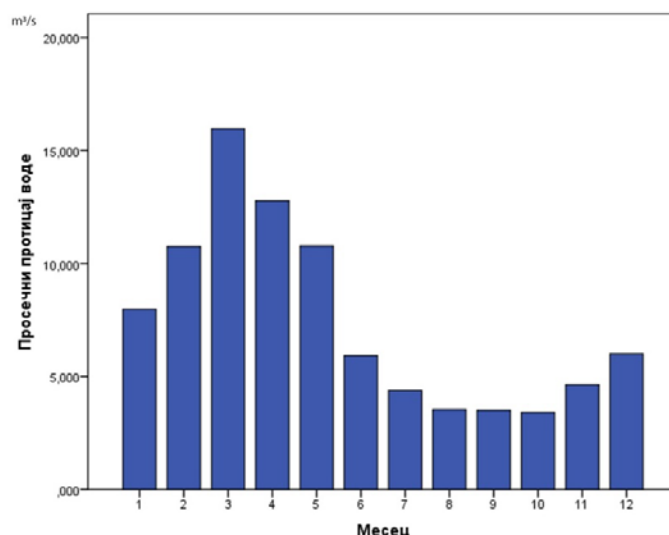
воде је до 7,90; док је друга половина изнад ових вредности ($Me=7,90$). Најчешће измерена рН вредност воде је 7,76 ($Mo=7,76$). Минимална рН вредност воде за мерно место Свође је 7,50, а максимална је 8,31.

Средња вредност алуминијума у води за мерно место Свође износи 0,16 mg/l ($SD=0,08$). Када се резултати поређају од најмањег до највећег, првих 50% посматраних вредности алуминијума у води је до 0,17 mg/l; док је друга половина изнад ових вредности ($Me=0,17$). Најчешће измерена вредност алуминијума у води је 0,12 mg/l ($Mo=0,12$). Минимална вредност алуминијума у води за мерно место Свође је 0,004 mg/l, а максимална је 0,31 mg/l.

Да би се стекла слика о просечном протицају воде за посматране локације (слике 6-24 и 6-25), израчунат је просечан протицај, за сваки месец, за свих пет посматраних година (од 2014. до 2018. године). Просеци по месецима су рачунати без екстремних вредности за сваку локацију.



Слика 6-24 Просечан протицај воде по месецима за мерно место Ниш



Слика 6-25 Просечан протицај воде по месецима за мерно место Свође

За анализирани петогодишњи период, уочава се да је на обе локације највећи просечни протицај воде био у марту месецу. После марта протицај воде опада до септембра – октобра, након чега благо расте.

6.2.4 Разлике параметара квалитета сирове површинске воде у односу на запремински протицај за мерно место Ниш рачунате са и без екстремних хидролошких појава

Једнофакторском анализом варијансе (ANOVA) утврђене су промене параметара квалитета сирове воде у зависности од интензитета протицаја воде. Независна варијабла је интензитет протицаја воде. Анализа је рађена са екстремним вредностима и без екстремних вредности у протицају воде. У првој анализи, са екстремним вредностима интензитет протицаја воде је категоризован на следећи начин: минималан протицај $Q_{\min}$ – од 4,56 до 13,00, просечан Q_{sr} – од 13,01 до 41,72 и максималан $Q_{\max}$ – од 41,73 до 288,00.

У другој анализи која је рађена без екстремних вредности, у првом кораку су из података о протицају воде елиминисана сва мерења која су до 1. перцентила ($\leq 5,536$) и изнад 99. перцентила ($\geq 173,730$). Анализа је рађена на укупно 1790 мерења. Интензитет протицаја воде је категоризован на следећи начин: минималан протицај – први квантил (мање од 13,10); просечан – интерквантилни ранг (од 13,11 до 41,30) и максимални – четврти квантил (веће од 41,31). Зависне варијабле су показатељи квалитета сирове воде (табела 6-23). F – вредност је однос између варијансе објашњене моделом и варијансе која није објашњена. Висока F -вредност указује на то да постоји

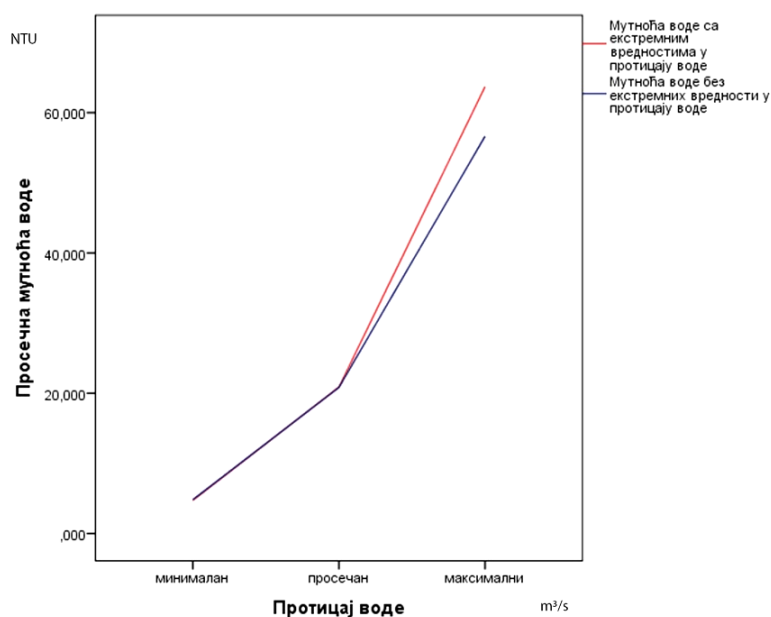
значајна разлика између група које се пореде. Формула за F-статистику је однос средње квадратне варијансе између група и средње квадратне варијансе унутар група. p – вредност је вероватноћа да је добијени резултат случајан, тј. да није резултат стварних разлика између група. Ниска p -вредност која је обично мања од 0.05, указује на то да су резултати статистички значајни (Sheskin, 2003).

Табела 6-23 Разлике у квалитету сирове воде у зависности од протицаја воде на изворишту „Медијана“ рачунате са и без екстремних хидролошких појава

Параметар	Протицај	Разлике рачунате са екстремним вредностима						Разлике рачунате без екстремних вредностима					
		N	M	SD	F	p		N	M	SD	F	p	
Мутноћа (NTU)	минималан	460	4,709	3,681				447	4,828	3,667			
	просечан	908	20,882	38,386	78,454	0,000		895	20,829	38,456	64,715		0,000
	максималан	455	63,715	139,319				445	56,649	130,176			
ХПК (KMnO ₄) (mg/l)	минималан	460	8,317	1,764				447	8,337	1,779			
	просечан	907	9,678	5,989	59,252	0,000		894	9,675	6,009	46,403		0,000
	максималан	455	15,805	21,090				445	14,673	19,388			
Амонијак (mg/l)	минималан	460	0,125	0,406				447	0,126	0,411			
	просечан	908	0,107	0,090	1,201	0,301		895	0,106	0,087	1,305		0,271
	максималан	455	0,121	0,106				445	0,119	0,103			
Нитрати (mg/l)	минималан	460	7,253	1,722				447	7,165	1,678			
	просечан	906	5,825	1,562	169,785	0,000		893	5,809	1,547	155,959		0,000
	максималан	455	5,501	1,441				445	5,476	1,436			
Нитрити (mg/l)	минималан	460	0,048	0,028				447	0,048	0,029			
	просечан	909	0,055	0,060	27,772	0,000		896	0,055	0,061	25,076		0,000
	максималан	455	0,034	0,030				445	0,035	0,031			
Гвожђе (mg/l)	минималан	443	0,070	0,084				430	0,071	0,084			
	просечан	883	0,169	2,104	0,660	0,517		870	0,170	2,120	0,640		0,528
	максималан	450	0,139	0,135				441	0,133	0,123			
Манган (mg/l)	минималан	460	0,024	0,001				447	0,024	0,001			
	просечан	904	0,024	0,002	2,397	0,091		891	0,024	0,002	1,961		0,141
	максималан	452	0,025	0,022				442	0,025	0,022			
pH вредност	минималан	460	8,007	0,103				447	8,015	0,095			
	просечан	908	8,884	26,615	0,519	0,595		895	8,896	26,808	0,505		0,603
	максималан	455	7,968	0,110				445	7,972	0,109			
БПК ₅ (mgO ₂ /l)	минималан	435	1,657	0,885				422	1,611	0,859			
	просечан	777	1,822	0,886	50,321	0,000		767	1,818	0,886	54,191		0,000
	максималан	380	2,307	1,174				369	2,300	1,167			

Када се посматра цео скуп вредности (са екстремним вредностима у протицају воде), постоји разлика у мутноћи воде (слика 6-26) у зависности од интензитета протицаја воде, $F(2; 1820)=78,45$; $p=0,00$. Да би се утврдило између којих интензитета протицаја воде настају разлике, коришћен је post-hock Tukey HSD тест. Мутноћа воде приликом максималног протицаја воде ($M=63,72$; $SD=139,32$) је већа него када је минималан протицај воде ($M=4,71$; $SD=3,68$) и када је просечан интензитет протицаја воде ($M=20,88$; $SD=38,39$); $p<0,05$. Разлика у мутноћи воде између просечног ($M=20,88$; $SD=38,39$) и минималног протицаја воде ($M=4,71$; $SD=3,68$) је значајна; $p<0,05$.

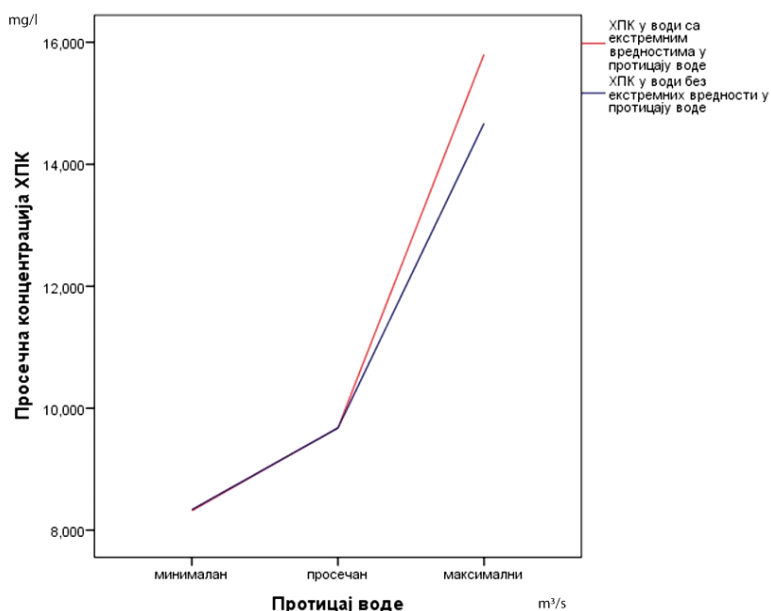
Када се посматрају вредности без екстремних вредности у протицају воде, постоји разлика у мутноћи воде (слика 6-26) у зависности од интензитета протицаја воде, $F(2; 1784)=64,72$; $p=0,00$. Да би се утврдило између које јачине протицаја воде настају разлике, коришћен је post-hock Tukey HSD тест. Мутноћа воде приликом максималног протицаја воде ($M=56,65$; $SD=130,18$) је већа него када је минимални протицај воде ($M=4,83$; $SD=3,67$) и када је просечан протицај воде ($M=20,83$; $SD=38,46$); $p<0,05$. Мутноћа воде приликом просечног протицаја воде ($M=20,83$; $SD=38,46$) је већа од мутноће воде приликом минималног протицаја воде ($M=4,83$; $SD=3,67$); $p<0,05$. Ове промене указују на то да екстремни хидролошки услови утичу значајно на повећање мутноће воде, посебно током просечних и максималних запреминских протицаја, што додатно потврђује важност мониторинга квалитета сирове површинске воде у различитим хидролошким условима.



Слика 6-26 Средња вредност мутноће воде

Када се посматра цео скуп вредности (са екстремним вредностима у протицају воде), постоји разлика у ХПК (KMnO_4) (слика 6-27) у зависности од јачине протицаја воде, $F(2; 1819)=59,25$; $p=0,00$. Вредност ХПК (KMnO_4) приликом максималног протицаја воде ($M=15,81$; $SD=21,09$) је већа него када је просечан интензитет протицаја воде ($M=9,68$; $SD=5,99$) и минимални протицај ($M=8,32$; $SD=1,76$); $p<0,05$. Разлике у ХПК (KMnO_4) између просечног и минималног протицаја воде није значајна; $p>0,05$.

Када се посматра протицај воде без екстремних вредности, постоји разлика у ХПК (KMnO_4) (слика 6-27) у зависности од интензитета протицаја воде, $F(2; 1783)=46,40$; $p=0,00$. ХПК (KMnO_4) приликом максималног протицаја воде ($M=14,67$; $SD=19,39$) је већа него када је просечан протицај воде ($M=9,68$; $SD=6,01$) и када је минималан ($M=8,34$; $SD=1,78$); $p<0,05$. Разлика у ХПК (KMnO_4) између минималног и просечног протицаја воде није значајна; $p>0,05$.



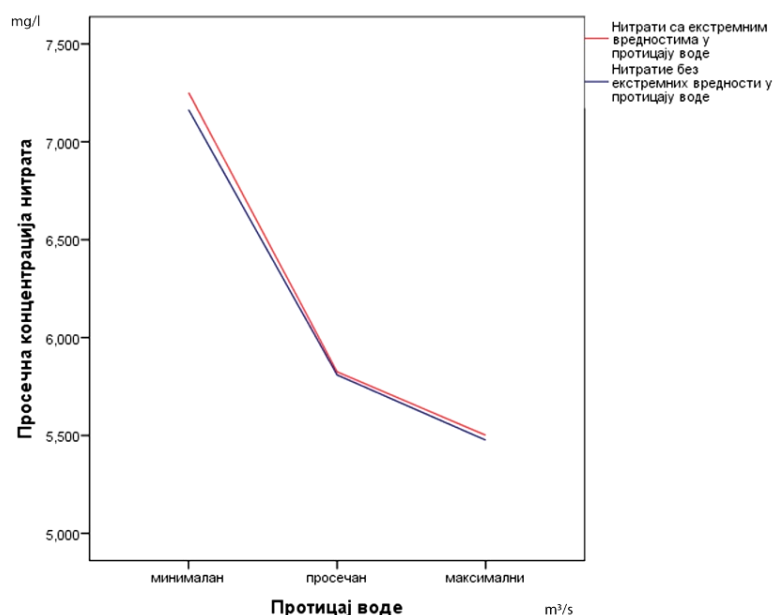
Слика 6-27 Просечна вредност ХПК (KMnO_4)

Резултати указују на релативно стабилну концентрацију ХПК (KMnO_4) у условима минималног и просечног протицаја, док се значајније промене уочавају код максималног протицаја, што сугерише већу осетљивост параметра на екстремне хидролошке услове.

Када се посматра цео скуп вредности (са екстремним вредностима у протицају воде), постоји разлика у концентрацији нитрата у води (слика 6-28) у зависности од интензитета протицаја воде, $F(2; 1818)=169,79$; $p=0,00$. Вредност концентрације нитрата у води приликом минималног протицаја воде ($M=7,25$; $SD=1,72$) је већа него када је протицај воде просечног интензитета ($M=5,83$; $SD=1,56$) и када је максимални протицај

воде ($M=5,50$; $SD=1,44$); $p<0,05$. Вредност концентрације нитрата у води приликом просечне јачине протицаја ($M=5,83$; $SD=1,56$) је незнатно већа у односу на максимални протицај воде ($M=5,50$; $SD=1,44$); $p<0,05$.

Када се посматра протицај воде без екстремних вредности, постоји разлика у концентрацији нитрата у води (слика 6-28) у зависности од интензитета протицаја воде, $F(2; 1782)=155,96$; $p=0,00$. Вредност нитрата у води приликом минималног протицаја воде ($M=7,17$; $SD=1,68$) је већа него када је протицај воде просечног интензитета ($M=5,81$; $SD=1,55$) и када је максимални протицај воде ($M=5,48$; $SD=1,44$); $p<0,05$. Вредност нитрата у води приликом просечне јачине протицаја ($M=5,81$; $SD=1,55$) је већа у односу на максимални протицај воде ($M=5,48$; $SD=1,44$); $p<0,05$.



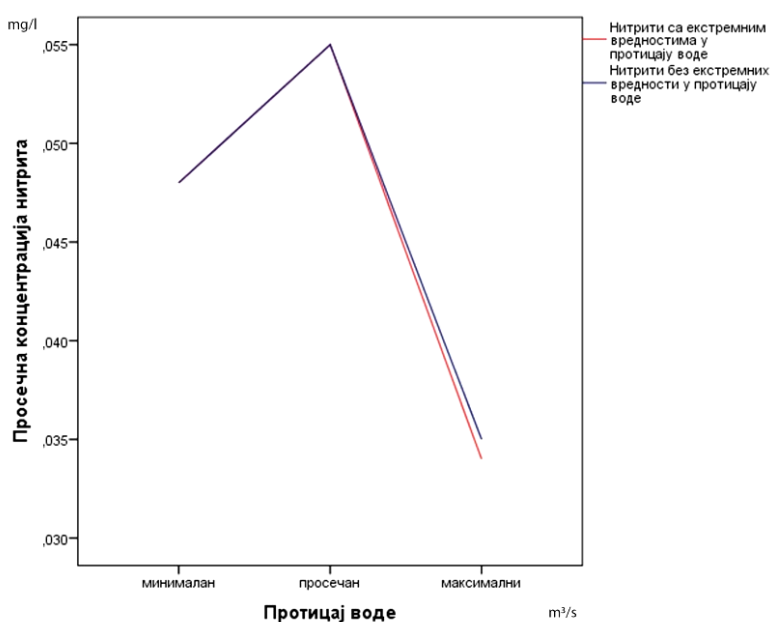
Слика 6-28 Средња вредност нитрата

Подаци указују на умерену зависност концентрације нитрата од запреминског протицаја, с тим да се најзначајније промене јављају током минималног протицаја. Налази су у складу са претходним истраживањима која су указивала на повећан унос нитрата у условима већег протицаја, мада у мањем обиму у поређењу са другим параметрима.

Када се посматра цео скуп вредности (са екстремним вредностима у протицају воде), постоји разлика у количини нитрита у води (слика 6-29) у зависности од интензитета протицаја воде, $F(2; 1821)=27,77$; $p=0,00$. Количина нитрита у води приликом просечне јачине протицаја ($M=0,06$; $SD=0,06$) је значајно већа у односу на максимални протицај воде ($M=0,03$; $SD=0,03$) и минимални протицај воде ($M=0,05$;

SD=0,03); $p<0,05$. Количина нитрита у води приликом минималног протицаја воде ($M=0,05$; SD=0,03) се разликује од количине нитрита када је максимални протицај воде ($M=0,03$; SD=0,03); $p<0,05$.

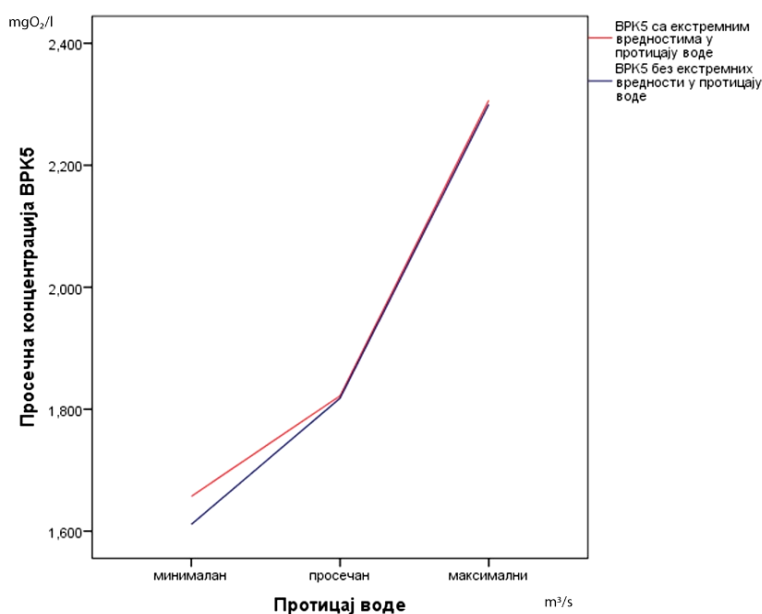
Када се посматра протицај воде без екстремних вредности, уочева се разлика у концентрацији нитрита у води (слика 6-29) у зависности од интензитета протицаја воде, $F(2; 1785)=25,08$; $p=0,01$. Вредност нитрита у води приликом просечне јачине протицаја ($M=0,06$; SD=0,06) је већа у односу на максимални протицај воде ($M=0,04$; SD=0,03) и у односу на минималан протицај ($M=0,05$; SD=0,03); $p<0,05$. Вредност нитрита у води приликом минималног протицаја воде ($M=0,05$; SD=0,03) се не разликује значајно од количине нитрита када је протицај воде максималног интензитета ($M=0,04$; SD=0,03); $p>0,05$. Ови резултати указују на то да максимални протицај утиче на разблаживање концентрације нитрита у води, док мањи и просечни протицаји немају значајан утицај на промену концентрације овог параметра.



Слика 6-29 Средња вредност нитрита

Када се посматра цео скуп вредности (са екстремним вредностима у протицају воде), постоји разлика у концентрацији БПК₅ (слика 6-30) у зависности од интензитета протицаја воде, $F(2; 1589)=50,32$; $p=0,00$. Вредност БПК₅ приликом максималног протицаја воде ($M=2,31$; SD=1,17) је већа него када је протицај воде просечног интензитета ($M=1,82$; SD=0,89) и када је минималан протицај воде ($M=1,66$; SD=0,89); $p<0,05$. Вредност БПК₅ приликом просечне интензитета протицаја ($M=1,82$; SD=0,89) је мања у односу на максимални протицај воде ($M=2,31$; SD=1,17); $p<0,05$.

Када се посматра протицај воде без екстремних вредности, постоји разлика у концентрацији БПК₅ (слика 6-30) у зависности од интензитета протицаја воде, $F(2; 1555)=54,19$; $p=0,00$. Вредност БПК₅ приликом минималног протицаја воде ($M=1,61$; $SD=0,86$) је мања него када је протицај воде просечног интензитета ($M=1,82$; $SD=0,89$) и када је максимални протицај воде ($M=2,30$; $SD=1,17$); $p<0,05$. Вредност БПК₅ приликом просечне јачине протицаја ($M=1,82$; $SD=0,89$) је мања у односу на максимални протицај воде ($M=2,30$; $SD=1,17$); $p<0,05$. Ова анализа показује да је концентрација БПК₅ најосетљивија на минимални протицај, док је његова промена мање значајна у условима просечног и максималног протицаја.



Слика 6-30 Средња вредност БПК₅

У условима без екстремних протицаја, концентрације гвожђа су релативно стабилне и мање у поређењу са условима екстремних протицаја, када се при максималним протицајима повећава концентрација. Овај феномен се може објаснити осетљивошћу гвожђа на ерозионе процесе и унос честица са копна, који су чести током великих протицаја. Када се посматра протицај воде са и без екстремних вредности, концентрације амонијака, мангана и рН вредности у зависности од интензитета протицаја воде су углавном стабилне, односно разлике нису статистички значајне ($p>0,05$).

6.2.5 Разлике параметара квалитета сирове воде у односу на запремински протицај за мерно место Свође рачунате са и без екстремних хидролошких појава

Да би се утврдиле разлике између показатеља квалитета сирове воде на водозахвату „Власина“ за мерно место Свође, у зависности од интензитета протицаја воде коришћена је једнофакторска анализа варијансе (ANOVA). Независна варијабла је интензитет протицаја воде. Анализа је рађена са екстремним вредностима и без екстремних вредности у протицају воде. У првој анализи, са екстремним вредностима интензитет протицаја воде је категоризован на следећи начин: минималан протицај $Q_{\min}$ – од 1,33 до 2,52, просечан Q_{sr} – од 2,53 до 10,10 и максималан $Q_{\max}$ – од 10,11 до 133,00.

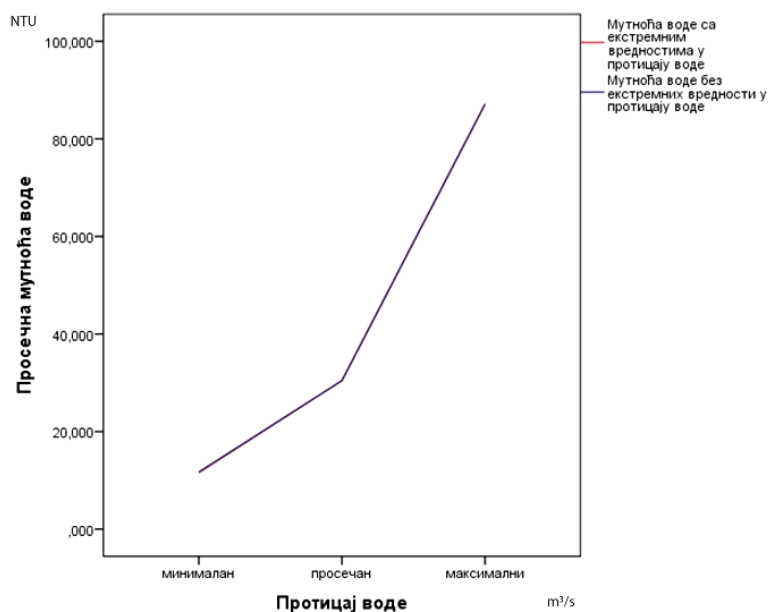
У другој анализи која је рађена без екстремних вредности, у првом кораку су из података о протицају воде елиминисана сва мерења која су до 1. перцентила ($\leq 5,536$) и изнад 99. перцентила ($\geq 173,730$). Анализа је рађена на укупно 1787 мерења. Независна варијабла је интензитет протицаја воде која је категоризована на следећи начин: минималан протицај – први квартил (мање од 2,52); просечан – интерквартилни ранг (од 2,53 до 10,10) и максимални – четврти квартил (веће од 10,11). Зависне варијабле су показатељи квалитета сирове воде (табела 6-24).

Када се посматра цео скуп вредности (са екстремним вредностима у протицају воде), постоји значајна разлика у мутноћи воде (слика 6-31) у зависности од интензитета протицаја воде, $F(2; 1820)=89,72$; $p=0,00$. *Post-hock Tukey HSD* тест је показао да је мутноћа воде знатно већа при максималном протицају ($M=87,14$; $SD=156,15$) у поређењу са минималним протицајем ($M=11,55$; $SD=26,50$) и просечним протицајем воде ($M=30,45$; $SD=61,36$); $p<0,05$. Мутноћа воде при минималном протицају воде ($M=11,55$; $SD=26,50$) је такође мања у односу на просечан протицај воде ($M=30,45$; $SD=61,36$); $p<0,05$.

Табела 6-24 Разлике у квалитету сирове воде у зависности од интензитета протицаја воде за мерно место Свође

Параметар	Протицај (m³/s)	Разлике рачунате са екстремним вредностима					Разлике рачунате без екстремних вредности				
		N	M	SD	F	p	N	M	SD	F	p
Мутноћа (NTU)	минималан	454	11,546	26,501	89,724	0,000	418	11,723	27,462	85,942	0,000
	просечан	916	30,448	61,361			916	30,448	61,361		
	максималан	453	87,138	156,145			453	87,138	156,145		
ХПК (KMnO ₄) (mg/l)	минималан	454	7,948	6,841	79,071	0,000	418	7,986	7,068	74,754	0,000
	просечан	916	11,069	8,642			916	11,069	8,642		
	максималан	453	16,234	14,504			453	16,234	14,504		
Амонијак (mg/l)	минималан	411	0,035	0,040	5,706	0,003	375	0,036	0,041	4,63	0,01
	просечан	789	0,051	0,106			789	0,051	0,106		
	максималан	398	0,044	0,049			398	0,044	0,049		
Нитрати (mg/l)	минималан	417	1,281	0,497	147,654	0,000	381	1,310	0,504	131,57	0,000
	просечан	788	1,637	0,766			788	1,637	0,766		
	максималан	402	2,126	0,768			402	2,126	0,768		
Нитрити (mg/l)	минималан	417	0,002	0,002	50,845	0,000	381	0,003	0,002	45,282	0,000
	просечан	791	0,004	0,004			791	0,004	0,004		
	максималан	401	0,004	0,003			401	0,004	0,003		
Гвожђе (mg/l)	минималан	417	0,116	0,192	72,526	0,000	381	0,117	0,200	68,649	0,000
	просечан	785	0,176	0,246			785	0,176	0,246		
	максималан	386	0,345	0,407			386	0,345	0,407		
Манган (mg/l)	минималан	416	0,039	0,070	54,465	0,000	380	0,039	0,072	52,031	0,000
	просечан	785	0,064	0,107			785	0,064	0,107		
	максималан	394	0,132	0,209			394	0,132	0,209		
pH вредност	минималан	454	7,837	0,392	6,122	0,002	418	7,847	0,403	3,781	0,023
	просечан	879	7,891	0,239			879	7,891	0,239		
	максималан	432	7,894	0,263			432	7,894	0,263		
Боја (°Pt - Co скале)	минималан	445	13,433	10,708	271,973	0,000	409	13,392	10,906	261,740	0,000
	просечан	869	20,685	12,929			869	20,685	12,929		
	максималан	379	35,231	17,539			379	35,231	17,539		
Алуминијум (mg/l)	минималан	416	0,145	0,069	26,596	0,000	380	0,144	0,071	26,790	0,000
	просечан	784	0,166	0,091			784	0,166	0,091		
	максималан	392	0,193	0,115			392	0,193	0,115		

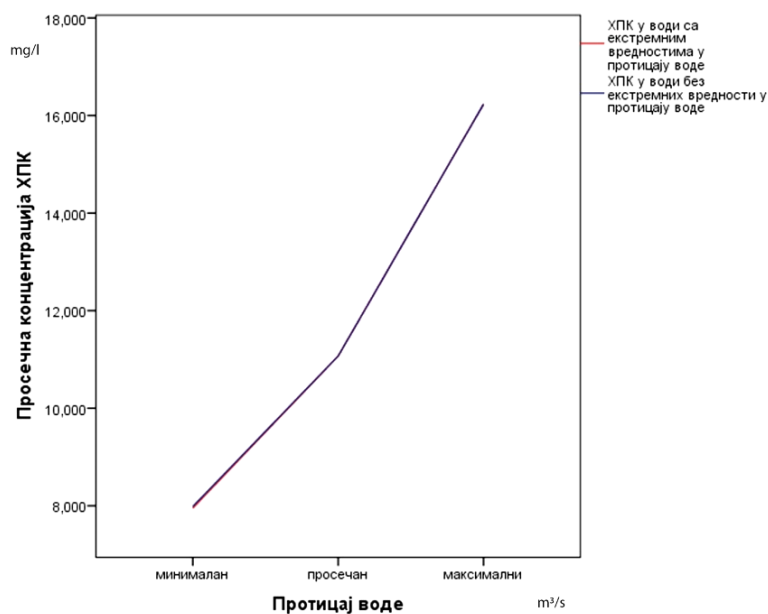
Када се из анализе изоставе екстремне вредности протицаја (слика 6-31), разлика у мутноћи воде и даље постоји, $F(2; 1784)=85,94$; $p=0,00$. Post-hock Tukey HSD тест је потврдио да је мутноћа воде при максималном протицају ($M=87,14$; $SD=156,15$) већа него када је минимални протицај воде ($M=11,72$; $SD=27,46$) и када је просечан протицај воде ($M=30,45$; $SD=61,36$); $p<0,05$. Мутноћа воде приликом минималног протицаја воде ($M=11,72$; $SD=27,46$) је мања у односу на просечан интензитет протицаја воде ($M=30,45$; $SD=61,36$); $p<0,05$.



Слика 6-31 Средња вредност мутноће воде

Када се посматра цео скуп вредности (са екстремним вредностима у протицају воде), постоји разлика у ХПК (KMnO_4) (слика 6-32) у зависности од интензитета протицаја воде, $F(2; 1820)=79,07$; $p=0,00$. ХПК (KMnO_4) приликом максималног протицаја воде ($M=16,23$; $SD=14,50$) је већа него када је минималан протицај воде ($M=7,95$; $SD=6,84$) и када је просечан интензитет протицаја воде ($M=11,07$; $SD=8,64$); $p<0,05$. ХПК (KMnO_4) приликом минималног протицаја воде ($M=7,95$; $SD=6,84$) је мања у односу на просечан интензитет протицаја воде ($M=11,07$; $SD=8,64$); $p<0,05$.

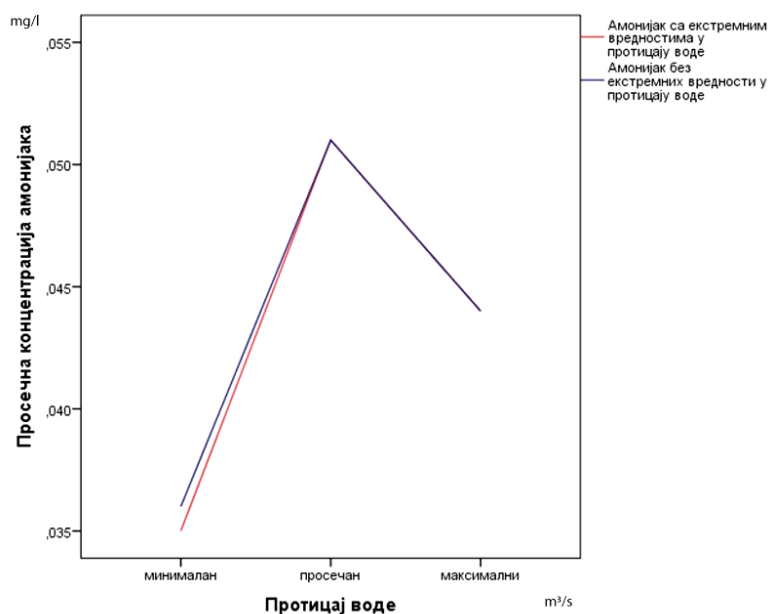
Када се посматра протицај воде без екстремних вредности, постоји разлика у ХПК (KMnO_4) (слика 6-32) у зависности од јачине протицаја воде, $F(2; 1784)=74,75$; $p=0,00$. ХПК (KMnO_4) приликом максималног протицаја воде ($M=16,23$; $SD=14,50$) је већи него када је минимални протицај воде ($M=7,99$; $SD=7,07$) и када је просечан интензитет протицаја воде ($M=11,07$; $SD=8,64$); $p<0,05$. ХПК (KMnO_4) приликом минималног протицаја воде ($M=7,99$; $SD=7,07$) је мања у односу на просечан интензитет протицаја воде ($M=11,07$; $SD=8,64$); $p<0,05$.



Слика 6-32 Средња вредност ХПК (KMnO₄)

Када се посматра цео скуп вредности (са екстремним вредностима у протицају воде), уочава се разлика у концентрацији амонијака у води (слика 6-33) у зависности од интензитета протицаја воде, $F(2; 1595)=5,71$; $p=0,00$. Вредност амонијака у води приликом минималног протицаја воде ($M=0,04$; $SD=0,04$) је мања у односу на просечан интензитет протицаја воде ($M=0,05$; $SD=0,11$); $p<0,05$. Вредност амонијака у води приликом максималног протицаја воде се не разликује значајно у односу на просечан или минимални протицај воде; $p>0,05$.

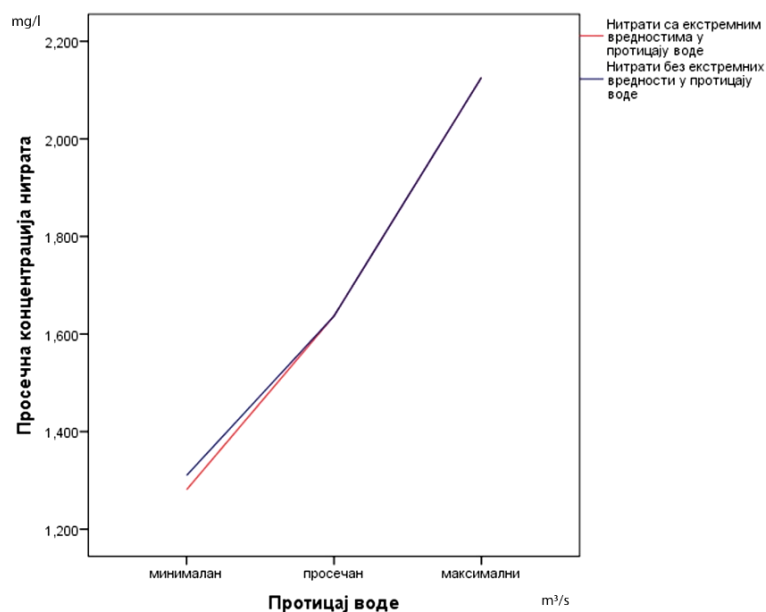
Када се посматра протицај воде без екстремних вредности, уочава се разлика у концентрацији амонијака у води (слика 6-33) у зависности од јачине протицаја воде, $F(2; 1559)=4,63$; $p=0,01$. Вредност амонијака у води приликом минималног протицаја воде ($M=0,04$; $SD=0,04$) је мања него када је просечан протицај воде ($M=0,05$; $SD=0,11$); $p<0,05$. Вредност амонијака у води приликом максималног протицаја воде се не разликује значајно од вредности амонијака приликом минималног и просечног интензитета протицаја воде; $p>0,05$.



Слика 6-33 Средња вредност амонијака

Када се посматра цео скуп вредности (са екстремним вредностима у протицају воде), постоји разлика у концентрацији нитрата (слика 6-34) у води у зависности од интензитета протицаја воде, $F(2; 1606)=147,65$; $p=0,00$. Вредност нитрата у води приликом максималног протицаја воде ($M=2,13$; $SD=0,77$) је већа него када је минималан протицај воде ($M=1,28$; $SD=0,50$) и када је просечан интензитет протицаја воде ($M=1,64$; $SD=0,77$); $p<0,05$. Вредност нитрата у води приликом минималног протицаја воде ($M=1,28$; $SD=0,50$) је мања у односу на средњи интензитет протицаја воде ($M=1,64$; $SD=0,77$); $p<0,05$.

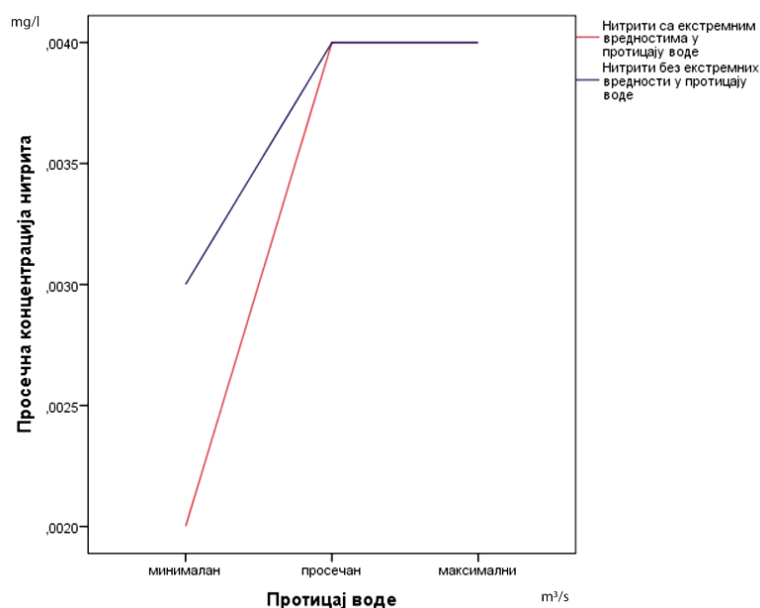
Када се посматра протицај воде без екстремних вредности, постоји разлика у концентрацији нитрата у води (слика 6-34) у зависности од јачине протицаја воде, $F(2; 1568)=131,57$; $p=0,00$. Вредност нитрата у води приликом максималног протицаја воде ($M=2,13$; $SD=0,77$) је већа него када је минимални протицај воде ($M=1,31$; $SD=0,50$) и када је просечан протицај воде ($M=1,64$; $SD=0,77$); $p<0,05$. Вредност нитрата у води приликом минималног протицаја воде ($M=1,31$; $SD=0,50$) је мања у односу на просечан протицај воде ($M=1,64$; $SD=0,77$); $p<0,05$.



Слика 6-34 Средња вредност нитрата

Када се посматра цео скуп вредности (са екстремним вредностима у протицају воде), уочава се разлика у концентрацији нитрита у води (слика 6-35) у зависности од интензитета протицаја воде, $F(2; 1606)=50,85$; $p=0,00$. Вредност нитрита у води приликом минималног протицаја воде ($M=0,002$; $SD=0,002$) је мања у односу на просечан интензитет протицаја воде ($M=0,004$; $SD=0,004$) и максималне јачине протицаја ($M=0,004$; $SD=0,003$); $p<0,05$. Разлика у концентрацији нитрита у води приликом максималног протицаја се не разликује значајно од вредности нитрита приликом просечног протицаја, $p>0,05$.

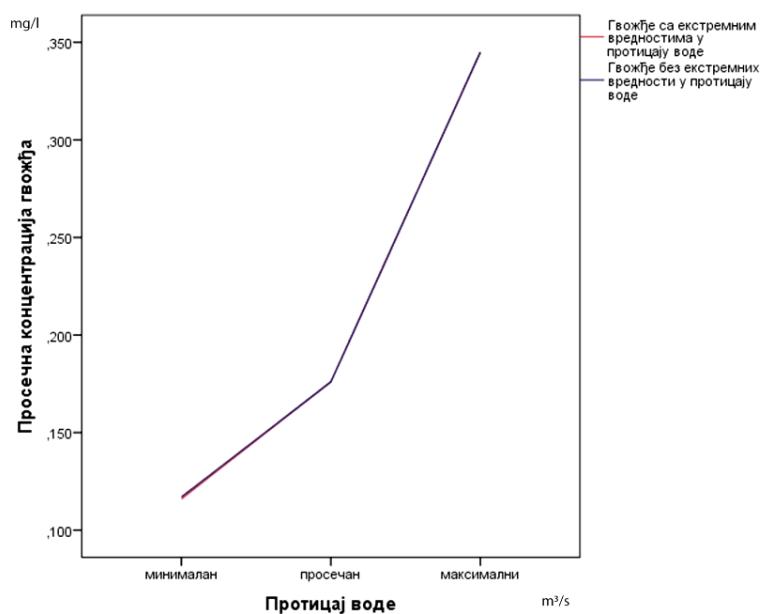
Када се посматра протицај воде без екстремних вредности, уочава се разлика у концентрацији нитрита у води (слика 6-35) у зависности од јачине протицаја воде, $F(2; 1570)=45,28$; $p=0,00$. Вредност нитрита у води приликом минималног протицаја воде ($M=0,003$; $SD=0,002$) је мања у односу на просечан протицај воде ($M=0,004$; $SD=0,004$) и у односу на максимални протицај ($M=0,004$; $SD=0,003$); $p<0,05$. Разлике у концентрацији нитрита у води приликом максималног протицаја се не разликују значајно од количине нитрита приликом просечног протицаја, $p>0,05$.



Слика 6-35 Средња вредност нитрита

Када се посматра цео скуп вредности (са екстремним вредностима у протицају воде), уочава се разлика у концентрацији гвожђа у води (слика 6-36) у зависности од интензитета протицаја воде, $F(2; 1585)=72,53$; $p=0,00$. Вредност гвожђа у води приликом максималног протицаја воде ($M=0,35$; $SD=0,41$) је већа него када је минималан протицај воде ($M=0,12$; $SD=0,19$) и када је просечан интензитет протицаја воде ($M=0,18$; $SD=0,25$); $p<0,05$. Вредност гвожђа у води приликом минималног протицаја воде ($M=0,12$; $SD=0,19$) је мања у односу на просечан интензитет протицаја воде ($M=0,18$; $SD=0,25$); $p<0,05$.

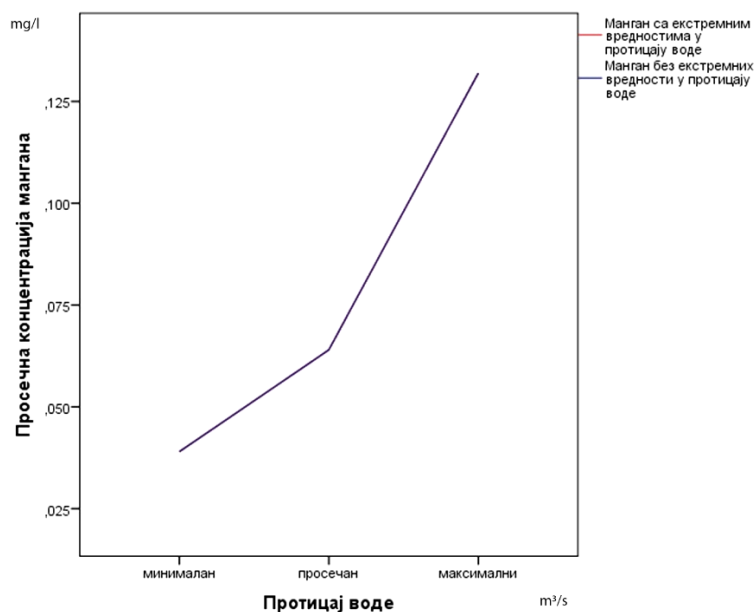
Када се посматра протицај воде без екстремних вредности, уочава се разлика у концентрацији гвожђа у води (слика 6-36) у зависности од јачине протицаја воде, $F(2; 1549)=68,65$; $p=0,00$. Вредност гвожђа у води приликом максималног протицаја воде ($M=0,35$; $SD=0,41$) је већа него када је минимални протицај воде ($M=0,12$; $SD=0,20$) и када је просечан протицај воде ($M=0,18$; $SD=0,25$); $p<0,05$. Вредност гвожђа у води приликом минималног протицаја воде ($M=0,12$; $SD=0,20$) је мања у односу на просечан протицај воде ($M=0,18$; $SD=0,25$); $p<0,05$.



Слика 6-36 Средња вредност гвожђа

Када се посматра цео скуп вредности (са екстремним вредностима у протицају воде), уочава се разлика у концентрацији мангана у води (слика 6-37) у зависности од интензитета протицаја воде, $F(2; 1592)=54,47$; $p=0,00$. Вредност мангана у води приликом максималног протицаја воде ($M=0,13$; $SD=0,21$) је већа него када је минималан протицај воде ($M=0,04$; $SD=0,07$) и када је просечан интензитет протицаја воде ($M=0,06$; $SD=0,11$); $p<0,05$. Вредност мангана у води приликом минималног протицаја воде ($M=0,04$; $SD=0,07$) је мања у односу на просечан интензитет протицаја воде ($M=0,06$; $SD=0,11$); $p<0,05$.

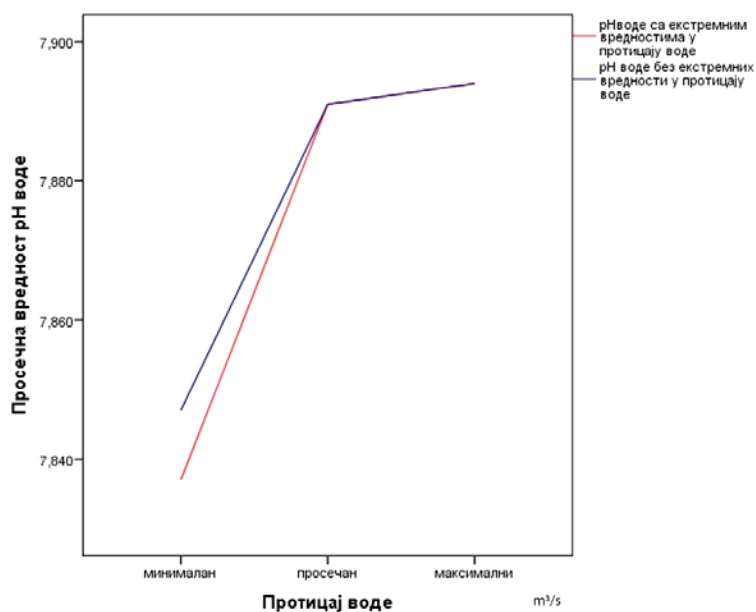
Када се посматра протицај воде без екстремних вредности, уочава се разлика у концентрацији мангана у води (слика 6-37) у зависности од јачине протицаја воде, $F(2; 1556)=52,03$; $p=0,00$. Вредност мангана у води приликом максималног протицаја воде ($M=0,13$; $SD=0,21$) је већа него када је минимални протицај воде ($M=0,04$; $SD=0,07$) и када је просечан протицај воде ($M=0,06$; $SD=0,11$); $p<0,05$. Вредност мангана у води приликом минималног протицаја воде ($M=0,04$; $SD=0,07$) је мања у односу на просечан протицај воде ($M=0,06$; $SD=0,11$); $p<0,05$.



Слика 6-37 Средња вредност мангана

Када се посматра цео скуп вредности (са екстремним вредностима у протицају воде), уочава се разлика у рН вредности воде (слика 6-38) у зависности од интензитета протицаја воде, $F(2; 1762)=6,12$; $p=0,00$. рН вредност воде приликом минималног протицаја воде ($M=7,84$; $SD=0,24$) је мања него када је максималан протицај воде ($M=7,89$; $SD=0,26$) и када је просечан интензитет протицаја воде ($M=7,89$; $SD=0,23$); $p<0,05$. рН вредност воде приликом максималног протицаја воде се не разликује значајно у односу на просечан интензитет протицаја воде; $p>0,05$.

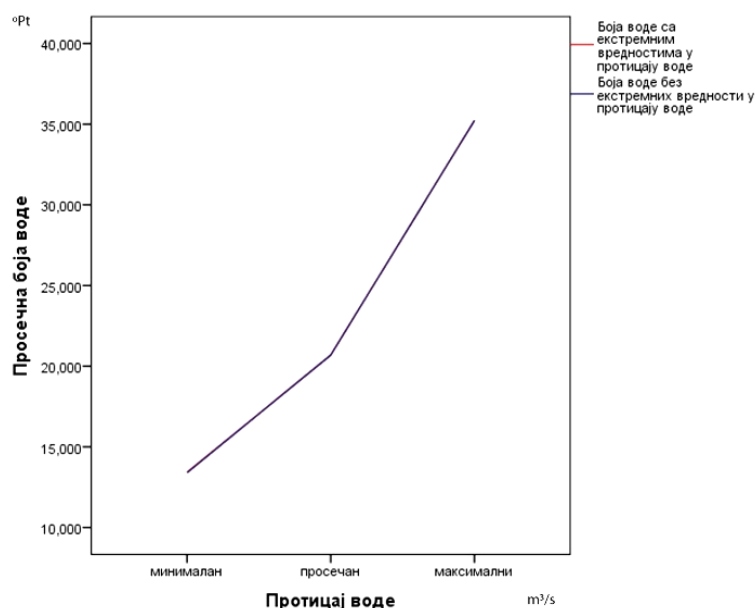
Када се посматра протицај воде без екстремних вредности, уочава се разлика у рН вредности воде (слика 6-38) у зависности од јачине протицаја воде, $F(2; 1726)=3,78$; $p=0,02$. рН вредност воде приликом минималног протицаја воде ($M=7,85$; $SD=0,40$) је мања него када је просечан протицај воде ($M=7,89$; $SD=0,24$); $p<0,05$. рН вредност воде приликом максималног протицаја воде се не разликује значајно од рН вредности воде приликом просечног протицаја воде; $p>0,05$.



Слика 6-38 Средња рН вредност воде

Када се посматра цео скуп вредности (са екстремним вредностима у протицају воде), постоји разлика у боји воде (слика 6-39) у зависности од интензитета протицаја воде, $F(2; 1690)=271,97$; $p=0,00$. Боја воде приликом максималног протицаја воде ($M=35,23$; $SD=17,54$) је више изражена него када је минималан протицај воде ($M=13,43$; $SD=10,71$) и када је просечан интензитет протицаја воде ($M=20,69$; $SD=12,93$); $p<0,05$. Боја воде приликом минималног протицаја воде ($M=13,43$; $SD=10,71$) је мање изражена у односу на просечан интензитет протицаја воде ($M=20,69$; $SD=12,93$); $p<0,05$.

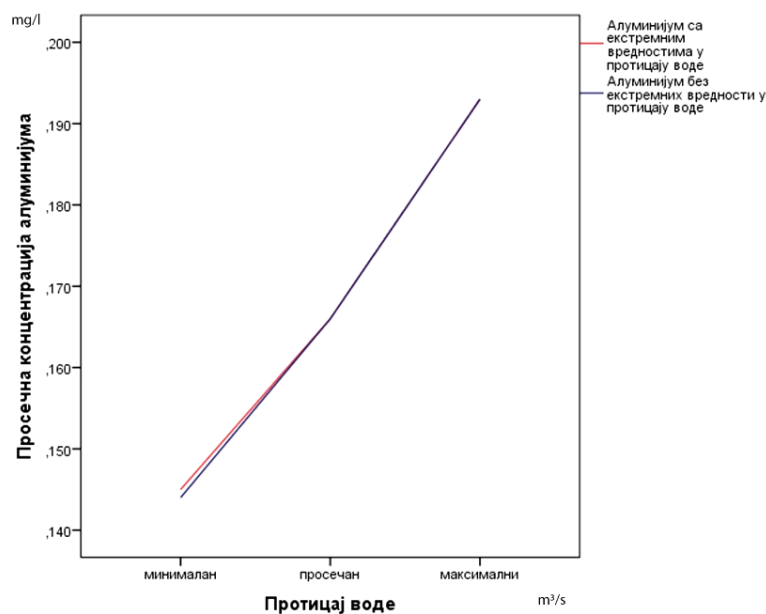
Када се посматра протицај воде без екстремних вредности, постоји разлика у боји воде (слика 6-39) у зависности од јачине протицаја воде, $F(2; 1654)=261,74$; $p=0,00$. Боја воде приликом максималног протицаја воде ($M=35,23$; $SD=17,54$) је више изражена него када је минимални протицај воде ($M=13,39$; $SD=10,91$) и када је просечан протицај воде ($M=20,69$; $SD=12,93$); $p<0,05$. Боја воде приликом минималног протицаја воде ($M=13,39$; $SD=10,91$) је мање изражена у односу на просечан протицај воде ($M=20,69$; $SD=12,93$); $p<0,05$.



Слика 6-39 Средња вредност боје воде

Када се посматра цео скуп вредности (са екстремним вредностима у протицају воде), уочава се разлика у концентрацији алуминијума (слика 6-40) у води у зависности од интензитета протицаја воде, $F(2; 1589)=26,60$; $p=0,00$. Вредност алуминијума у води приликом максималног протицаја воде ($M=0,19$; $SD=0,12$) је већа него када је просечан протицај воде ($M=0,17$; $SD=0,09$) и када је минимални протицај воде ($M=0,15$; $SD=0,07$); $p<0,05$. Разлика у концентрацији алуминијума у води приликом просечног ($M=0,17$; $SD=0,09$) и минималног протицаја воде ($M=0,15$; $SD=0,07$) је значајна; $p>0,05$.

Када се посматра протицај воде без екстремних вредности, постоји разлика у концентрацији алуминијума (слика 6-40) у води у зависности од јачине протицаја воде, $F(2; 1553)=26,79$; $p=0,00$. Вредност алуминијума у води приликом минималног протицаја воде ($M=0,14$; $SD=0,07$) је мања него када је просечан протицај воде ($M=0,17$; $SD=0,09$) и када је максимални протицај воде ($M=0,19$; $SD=0,12$); $p<0,05$. Разлика у концентрацији алуминијума у води приликом просечног ($M=0,17$; $SD=0,09$) и максималног протицаја воде ($M=0,19$; $SD=0,12$) је значајна; $p<0,05$.



Слика 6-40 Средња вредност алуминијума

6.2.6 Разлике у анализираним параметрима квалитета сирове воде у зависности од интензитета запреминског протикаја по месецима за мерно место Ниш

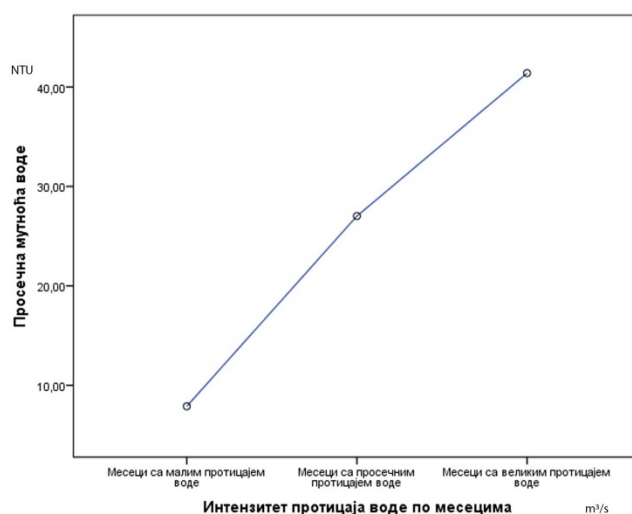
Да би се испитале разлике у квалитету сирове воде у зависности од интензитета запреминског протикаја по месецима за мерно место Ниш, коришћена је једнофакторска анализа варијансе (ANOVA). У првом кораку су из података уклоњена мерења која се налазе испод 1. перцентиле и она која се налазе изнад 99. перцентиле. У другом кораку је израчуната аритметичка средина показатеља квалитета сирове површинске воде за сваки месец у посматраним годинама. Просечене месечне вредности протикаја у оквиру интерквartilног ранга су сврстане у категорију месеци са просечним протикајем воде. Просечене месечне вредности протикаја које спадају у 1. квartil су сврстане у категорију месеци са малим протикајем, а месеци у 4. квartilу су сврстани у категорију месеца са великим протикајем. Нова категоричка варијабла, формирана на овај начин је независна варијабла у моделу, а зависне варијабле су показатељи квалитета сирове површинске воде (табела 6-26). Месеци са малим протикајем за мерно место Ниш су јул и септембар. Месеци са великим протикајем су фебруар, март и април. Месеци са просечним протикајем су јануар, мај, јун, август, новембар и децембар. Детаљна анализа расподеле запреминског протикаја воде за анализирано мерно место је дата у табели 6-25.

Табела 6-25 Разлике у вредностима параметара квалитета сирове воде у зависности од интензитета запреминског протицаја воде у односу на посматране месеце за мерно место Ниш

Параметар	Протицај (m^3/s)	N	M	SD	F	p
Мутноћа (NTU)	Месеци са малим протицајем	15	7.891	4.982	14.009	0.000
	Месеци са просечним протицајем	30	27.025	18.667		
	Месеци са великим протицајем	15	41.395	22.116		
ХПК ($KMnO_4$) (mg/l)	Месеци са малим протицајем	15	8.917	1.561	5.933	0.005
	Месеци са просечним протицајем	30	10.496	2.651		
	Месеци са великим протицајем	15	12.455	3.925		
Амонијак (mg/l)	Месеци са малим протицајем	15	0.110	0.032	0.319	0.728
	Месеци са просечним протицајем	30	0.121	0.071		
	Месеци са великим протицајем	15	0.109	0.026		
Нитрати (mg/l)	Месеци са малим протицајем	15	7.113	0.837	18.344	0.000
	Месеци са просечним протицајем	30	5.927	0.912		
	Месеци са великим протицајем	15	5.317	0.635		
Нитрити (mg/l)	Месеци са малим протицајем	15	0.055	0.032	7.892	0.001
	Месеци са просечним протицајем	30	0.055	0.018		
	Месеци са великим протицајем	15	0.031	0.007		
Гвожђе (mg/l)	Месеци са малим протицајем	15	0.071	0.038	0.718	0.492
	Месеци са просечним протицајем	30	0.169	0.363		
	Месеци са великим протицајем	15	0.124	0.037		
Манган (mg/l)	Месеци са малим протицајем	15	0.024	0.000	0.573	0.567
	Месеци са просечним протицајем	30	0.025	0.003		
	Месеци са великим протицајем	15	0.024	0.001		
pH вредност	Месеци са малим протицајем	15	8.000	0.057	0.512	0.602
	Месеци са просечним протицајем	30	8.867	4.723		
	Месеци са великим протицајем	15	7.973	0.045		
БПК ₅ (mgO_2/l)	Месеци са малим протицајем	15	1.696	0.649	3.448	0.039
	Месеци са просечним протицајем	29	1.907	0.580		
	Месеци са великим протицајем	15	2.281	0.671		

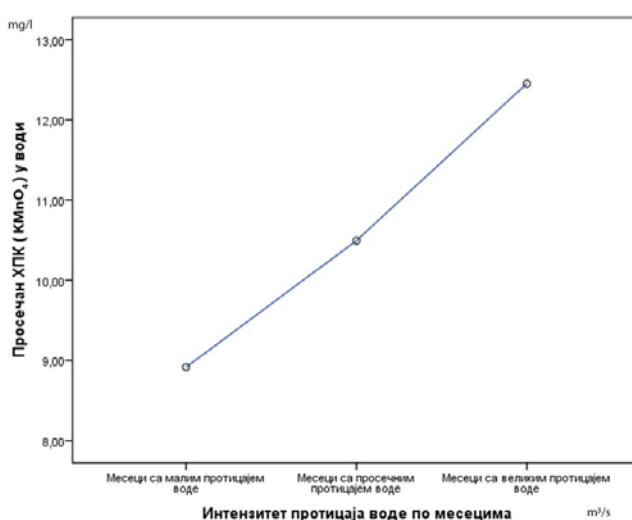
Постоји разлика у мутноћи воде (слика 6-41) у зависности од интензитета запреминског протицаја воде у односу на посматране месеце, $F(2; 57)=14,009$; $p=0,00$. Да би се утврдило између којих месеци настају разлике коришћен је post hoc Tukey HSD тест. Мутноћа воде у месецима у којима је велики протицај воде ($M=41,40$; $SD=22,12$) је већа него у месецима са малим протицајем воде ($M=7,89$; $SD=4,98$) и месецима са просечним протицајем воде ($M=27,03$; $SD=18,67$); $p<0,05$. Мутноћа воде у

месецима са малим протицајем воде ($M=7,89$; $SD=4,98$) је мања од мутноће воде у месецима са просечним протицајем воде ($M=27,03$; $SD=18,67$); $p<0,05$.



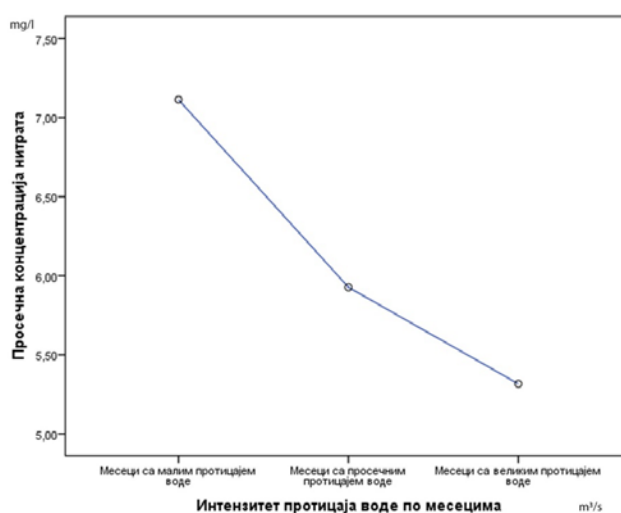
Слика 6-41 Средња вредност мутноће воде

Уочава се разлика у ХПК (KMnO_4) (слика 6-42) у зависности од интензитета запреминског протицаја воде у односу на посматраних месеце, $F(2; 57)=5,933$; $p=0,00$. ХПК (KMnO_4) у месецима у којима је велики протицај воде ($M=12,46$; $SD=3,93$) је већа него у месецима са малим протицајем воде ($M=8,92$; $SD=1,56$) и месецима са просечним протицајем воде ($M=10,50$; $SD=2,65$); $p<0,05$. ХПК (KMnO_4) у месецима са малим протицајем воде ($M=8,92$; $SD=1,56$) је мања од вредности ХПК (KMnO_4) у месецима са просечним протицајем воде ($M=10,50$; $SD=2,65$); $p<0,05$.



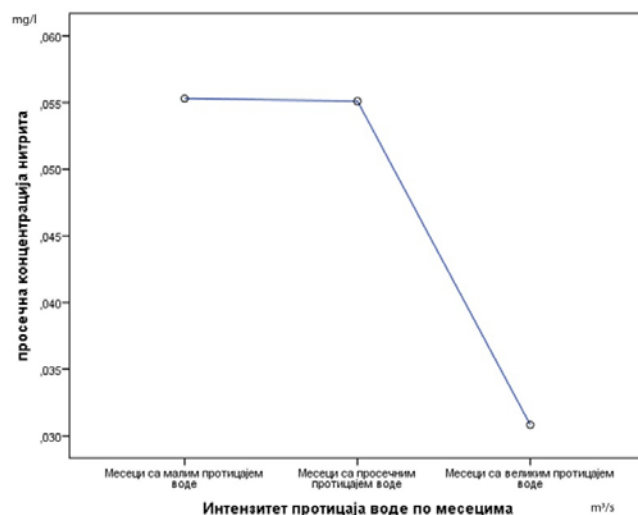
Слика 6-42 Средња вредност ХПК (KMnO_4)

Постоји разлика у концентрацији нитрата (слика 6-43) у зависности од интензитета запреминског протицаја воде у односу на посматраних месеце, $F(2; 57)=18,34$; $p=0,00$. Вредност нитрата у води у месецима у којима је мали протицај воде ($M=7,11$; $SD=0,84$) је већа него у месецима са великим протицајем воде ($M=5,32$; $SD=0,91$) и месецима са просечним протицајем воде ($M=5,93$; $SD=0,91$); $p<0,05$. Разлике у концентрацији нитрата у води за месеце са просечним протицајем и месеце са великим протицајем није значајна, $p>0,05$.



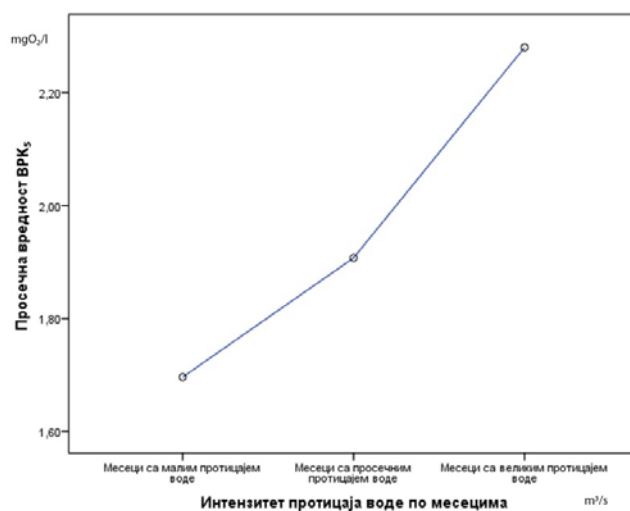
Слика 6-43 Средња вредност нитрата

У концентрацији нитрита (слика 6-44) уочена је разлика у зависности од интензитета запреминског протицаја воде у односу на посматране месеце, $F(2; 57)=7,89$; $p=0,00$. Вредност нитрита у води у месецима у којима је велики протицај воде ($M=0,03$; $SD=0,01$) је мања него у месецима са малим протицајем воде ($M=0,06$; $SD=0,03$) и месецима са просечним протицајем воде ($M=0,06$; $SD=0,02$); $p<0,05$. Разлике у концентрацији нитрита у води у месецима са просечним протицајем и месецима са малим протицајем није значајна, $p>0,05$.



Слика 6-44 Средња вредност нитрита

Приметна је разлика у концентрацији БПК₅ (слика 6-45) у зависности од интензитета запреминског протицаја воде у односу на посматране месеце, $F(2; 56)=3,45$; $p=0,04$. Вредност БПК₅ у месецима у којима је велики протицај воде ($M=2,28$; $SD=0,67$) је већа него у месецима са малим протицајем воде ($M=1,70$; $SD=0,65$). Разлике у концентрацији БПК₅ у месецима са просечним протицајем и месецима са малим протицајем није значајна, $p>0,05$.



Слика 6-45 Средња вредност БПК₅

6.2.7 Разлике у анализираним параметрима квалитета воде у зависности од интензитета запреминског протицаја по месецима за мерно место Свође

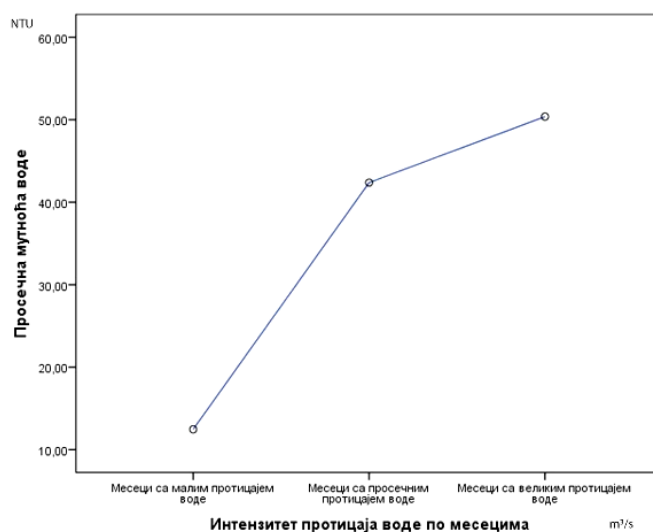
Да би се анализирале разлике у квалитету сирове воде у зависности од месечних варијација запреминског протицаја за мерно место Свође, примењена је једнофакторска анализа варијансе (ANOVA). У првом кораку су из података уклоњена мерења која се налазе испод 1. перцентиле и она која се налазе изнад 99. перцентиле. У другом кораку је израчуната аритметичка средина показатеља квалитета сирове површинске воде за сваки месец у посматраним годинама. Месеци који имају просечан протицај (у оквиру интерквartilног ранга) су сврстани у категорију - месеци са просечним протицајем воде. Просечене месечне вредности протицаја које спадају у 1. квartil су сврстане у категорију - месеци са малим протицајем, а месеци у 4. квartilу су сврстани у категорију - месеца са великим протицајем. Нова категоричка варијабла, формирана на овај начин је независна варијабла у моделу, а зависне варијабле су показатељи квалитета сирове површинске воде (табела 6-26). Месеци са малим протицајем за мерно место Свође су август, септембар и октобар. Месеци са великим протицајем су март, април и мај. Месеци са просечним протицајем су јануар, фебруар, јун, јул, новембар и децембар.

Постоји разлика у мутноћи воде (6-46) у зависности од интензитета запреминског протицаја воде у односу на посматране месеце, $F(2; 57)=6,66$; $p=0,00$. Да би се утврдило између којих месеци настају разлике коришћен је post hoc Tukey HSD тест. Мутноћа воде у месецима у којима је мали протицај воде ($M=12,46$; $SD=9,71$) је мања него у месецима са великим протицајем воде ($M=50,38$; $SD=24,06$) и месецима са просечним протицајем воде ($M=42,38$; $SD=39,16$); $p<0,05$.

Табела 6-26 Разлике у вредностима параметара квалитета сирове воде у зависности од интензитета запреминског протицаја воде у односу на посматране месеце за мерно место Свође

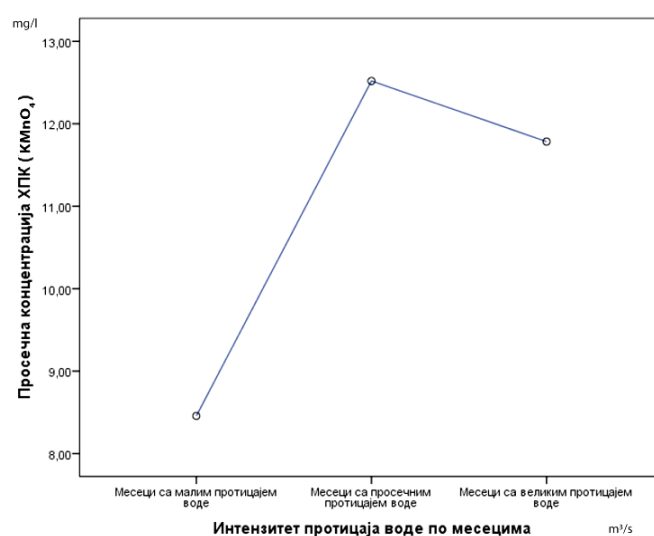
Параметар		N	M	SD	F	p
Мутноћа (NTU)	Месеци са малим протицајем	15	12.458	9.709	6.657	0.003
	Месеци са просечним протицајем	30	42.382	39.160		
	Месеци са великим протицајем	15	50.384	24.063		
ХПК (KMnO ₄) (mg/l)	Месеци са малим протицајем	15	8.457	2.991	7.101	0.002
	Месеци са просечним протицајем	30	12.519	3.941		
	Месеци са великим протицајем	15	11.784	2.721		
Амонијак (mg/l)	Месеци са малим протицајем	15	0.041	0.025	2.214	0.119
	Месеци са просечним протицајем	30	0.054	0.032		
	Месеци са великим протицајем	15	0.037	0.017		
Нитрати (mg/l)	Месеци са малим протицајем	15	1.272	0.299	13.747	0.000
	Месеци са просечним протицајем	30	1.553	0.483		
	Месеци са великим протицајем	15	2.127	0.537		
Нитрити (mg/l)	Месеци са малим протицајем	15	0.003	0.001	9.770	0.000
	Месеци са просечним протицајем	30	0.004	0.001		
	Месеци са великим протицајем	15	0.004	0.001		
Гвожђе (mg/l)	Месеци са малим протицајем	15	0.127	0.106	4.804	0.012
	Месеци са просечним протицајем	30	0.209	0.107		
	Месеци са великим протицајем	15	0.264	0.160		
Манган (mg/l)	Месеци са малим протицајем	15	0.043	0.039	3.584	0.034
	Месеци са просечним протицајем	30	0.076	0.060		
	Месеци са великим протицајем	15	0.091	0.044		
pH вредност	Месеци са малим протицајем	15	7.838	0.226	0.607	0.548
	Месеци са просечним протицајем	29	7.881	0.214		
	Месеци са великим протицајем	15	7.926	0.218		
Боја (°Pt - Со скале)	Месеци са малим протицајем	15	14.727	7.554	22.489	0.000
	Месеци са просечним протицајем	30	22.005	5.487		
	Месеци са великим протицајем	15	30.998	7.832		
Алуминијум (mg/l)	Месеци са малим протицајем	15	0.135	0.068	1.757	0.182
	Месеци са просечним протицајем	30	0.153	0.079		
	Месеци са великим протицајем	15	0.190	0.100		

Разлике у мутноћи воде између месеци са просечним протицајем и месеци са великим протицајем је значајна, $p > 0,05$.



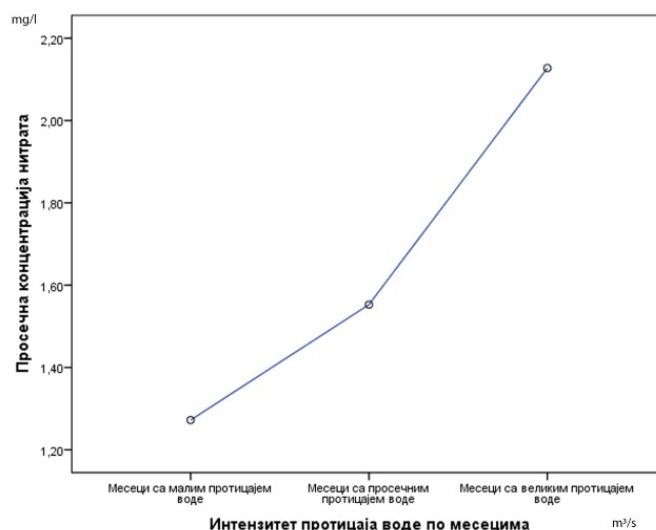
Слика 6-46 Средња вредност мутноће воде

Постоји разлика у ХПК (KMnO_4) (слика 6-47) у зависности од интензитета запреминског протицаја воде у односу на посматране месеце, $F(2; 57)=7,10$; $p=0,00$. ХПК (KMnO_4) у месецима у којима је мали протицај воде ($M=8,46$; $SD=2,99$) је мања него у месецима са великим протицајем воде ($M=11,78$; $SD=2,72$) и месецима са просечним протицајем воде ($M=12,52$; $SD=3,94$); $p<0,05$. Разлике у ХПК (KMnO_4) између месеци са просечним протицајем и месеци са великим протицајем нису значајне, $p>0,05$.



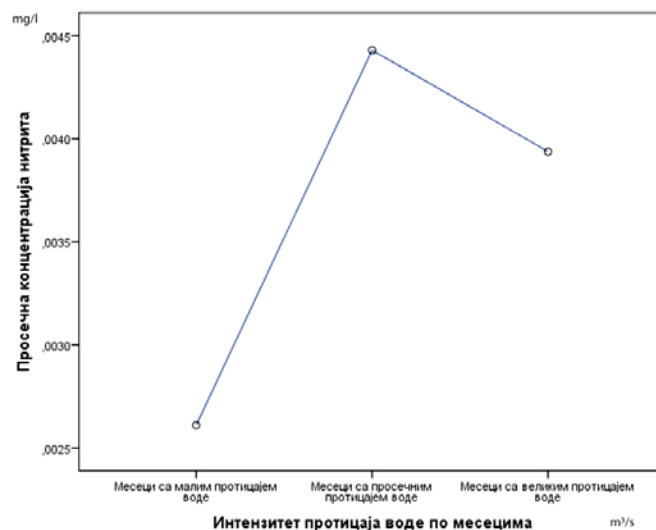
Слика 6-47 Средња вредност ХПК (KMnO_4)

Уочена је разлика у концентрацији нитрата (слика 6-48) у зависности од интензитета запреминског протицаја воде у односу на посматране месеце, $F(2; 57)=13,75$; $p=0,00$. Вредност нитрата у месецима у којима је велики протицај воде ($M=2,13$; $SD=0,54$) је већа него у месецима са малим протицајем воде ($M=1,27$; $SD=0,30$) и месецима са просечним протицајем воде ($M=1,55$; $SD=0,48$); $p<0,05$. Разлике у концентрацији нитрата између месеци са просечним протицајем и месеци са малим протицајем није значајна, $p>0,05$.



Слика 6-48 Средња вредност нитрата

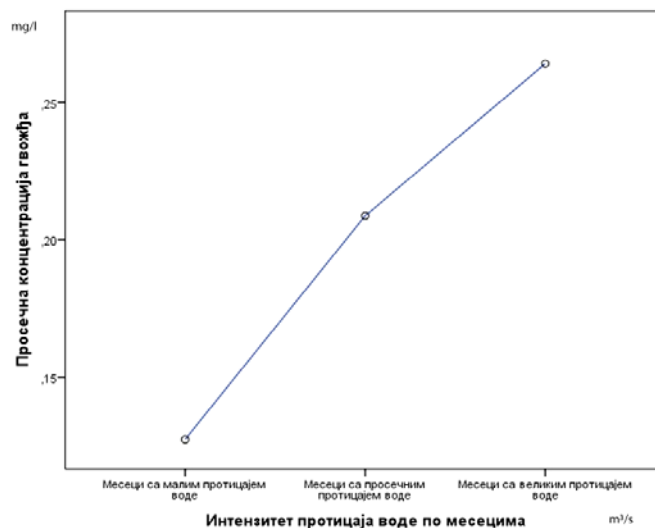
Приметна је разлика у концентрацији нитрита (слика 6-49) у зависности од интензитета запреминског протицаја воде у односу на посматране месеце, $F(2; 57)=9,77$; $p=0,00$. Вредност нитрита у месецима у којима је мали протицај воде ($M=0,003$; $SD=0,001$) је мања него у месецима са великим протицајем воде ($M=0,004$; $SD=0,001$) и месецима са просечним протицајем воде ($M=0,004$; $SD=0,001$); $p<0,05$. Разлике у концентрацији нитрита између месеци са просечним протицајем и месеци са великим протицајем није значајна, $p>0,05$.



Слика 6-49 Средња вредност нитрита

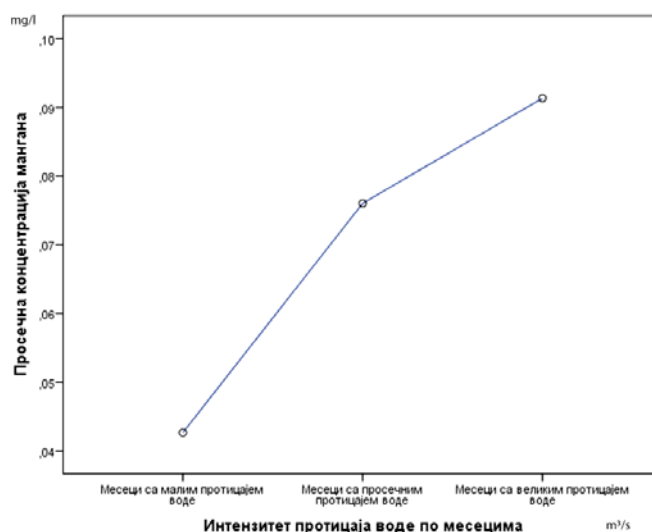
У концентрацији гвожђа (слика 6-50) постоји разлика у зависности од интензитета запреминског протицаја воде у односу на посматране месеце, $F(2; 57)=4,80$; $p=0,01$. Вредност гвожђа у месецима у којима је мали протицај воде ($M=0,13$; $SD=0,11$) је

значајно мања него у месецима са великим протицајем воде ($M=0,26$; $SD=0,16$); $p<0,05$. Разлике у концентрацији гвожђа између месеци са просечним протицајем и месеци са великим протицајем је значајна, $p>0,05$.



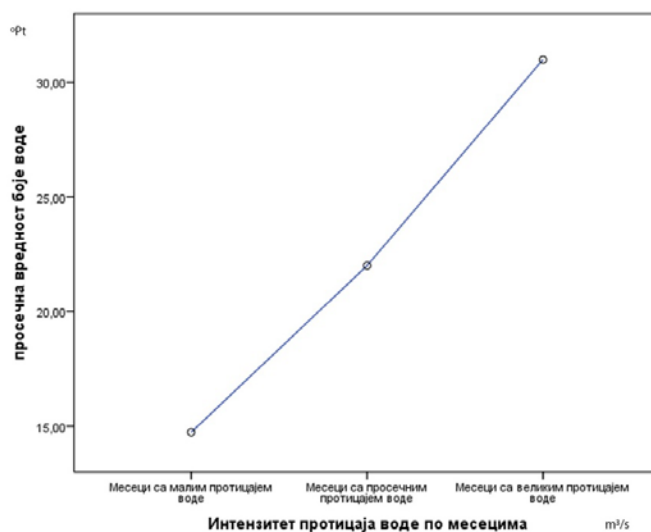
Слика 6-50 Средња вредност гвожђа

Постоји разлика у концентрацији мангана (слика 6-51) у зависности од интензитета запреминског протицаја воде у односу на посматране месеце, $F(2; 57)=3,58$; $p=0,03$. Вредност мангана у месецима у којима је мали протицај воде ($M=0,04$; $SD=0,04$) је значајно мања него у месецима са великим протицајем воде ($M=0,09$; $SD=0,04$); $p<0,05$. Разлике у концентрацији мангана између месеци са просечним протицајем и месеци са великим протицајем, као и месеци са малим протицајем је значајна, $p>0,05$.



Слика 6-51 Средња вредност мангана

Уочена је разлика у боји воде (слика 6-52) у зависности од интензитета запреминског протицаја воде у односу на посматране месеце, $F(2; 57)=22,49$; $p=0,00$. Боја воде у месецима у којима је велики протицај воде ($M=31,00$; $SD=7,83$) је значајно израженија него у месецима са малим протицајем воде ($M=14,73$; $SD=7,55$) и месецима са просечним протицајем ($M=22,01$; $SD=5,49$); $p<0,05$. Разлике у боји воде између месеци са просечним протицајем ($M=22,01$; $SD=5,49$) и месеци са малим протицајем ($M=14,73$; $SD=7,55$) је значајна, $p>0,05$.



Слика 6-52 Средња вредност боје воде

6.2.8 Разлике по карактеристикама параметара квалитета сирове воде по месецима између Ниша и Власотинца

Укупно је 30 месеци са малим протицајем воде, 15 за мерно место Ниш и исто толико за мерно место Свође (табела 6-27).

За мерно место Ниш ($M=0,11$; $SD=0,03$) је већа вредност амонијака у односу на Власотинце ($M=0,04$; $SD=0,03$). За мерно место Ниш ($M=7,89$; $SD=4,98$) је значајно мања мутноћа у односу на Власотинце ($M=12,46$; $SD=9,71$). За мерно место Ниш ($M=7,11$; $SD=0,84$) је значајно већа вредност нитрата у односу на Власотинце ($M=1,27$; $SD=0,30$).

Табела 6-27 Разлике између Ниша и Власотинца у месецима са малим протицајем воде

Параметар	Град	M	SD	t	p
Мутноћа (NTU)	Ниш	7.891	4.982	-1.621	0.116
	Власотинце	12.458	9.709		
ХПК (KMnO ₄) (mg/l)	Ниш	8.917	1.561	0.528	0.602
	Власотинце	8.457	2.991		
Амонијак (mg/l)	Ниш	0.110	0.032	6.628	0.000
	Власотинце	0.041	0.025		
Нитрати (mg/l)	Ниш	7.113	0.837	25.455	0.000
	Власотинце	1.272	0.299		
Нитрити (mg/l)	Ниш	0.055	0.032	6.376	0.000
	Власотинце	0.003	0.001		
Гвожђе (mg/l)	Ниш	0.071	0.038	-1.961	0.066
	Власотинце	0.127	0.106		
Манган (mg/l)	Ниш	0.024	0.000	-1.873	0.082
	Власотинце	0.043	0.039		
pH вредност	Ниш	8.000	0.057	2.685	0.016
	Власотинце	7.838	0.226		

За мерно место Ниш (M=0,06 SD=0,03) је значајно већа вредност нитрита у односу на Власотинце (M=0,003; SD=0,001). За мерно место Ниш (M=0,07; SD=0,04) је значајно мања вредност гвожђа у односу на Власотинце (M=0,13; SD=0,11).

Разлике између Ниша и Власотинца у месецима са малим протицајем воде у концентрацији утрoшка KMnO₄, мангана и pH вредности воде нису значајне; p>0,05.

Укупно је 60 месеци са просечним протицајем воде, 30 за мерно место Ниш и исто толико за мерно место Свође (табела 6-28).

Табела 6-28 Разлике између Ниша и Власотинца у месецима са просечним протицајем воде

Параметар	Место	M	SD	t	p
Мутноћа (NTU)	Ниш	27.025	18.667	-1.939	0.059
	Власотинце	42.382	39.160		
ХПК (KMnO ₄) (mg/l)	Ниш	10.496	2.651	-2.332	0.024
	Власотинце	12.519	3.941		
Амонијак (mg/l)	Ниш	0.121	0.071	4.730	0.000
	Власотинце	0.054	0.032		
Нитрати (mg/l)	Ниш	5.927	0.912	23.227	0.000
	Власотинце	1.553	0.483		

Параметар	Место	M	SD	t	p
Нитрити (mg/l)	Ниш	0.055	0.018	15.636	0.000
	Власотинце	0.004	0.001		
Гвожђе (mg/l)	Ниш	0.169	0.363	-0.581	0.563
	Власотинце	0.209	0.107		
Манган (mg/l)	Ниш	0.025	0.003	-4.712	0.000
	Власотинце	0.076	0.060		
pH вредност	Ниш	8.867	4.723	1.122	0.266
	Власотинце	7.881	0.214		

За мерно место Ниш ($M=27.03$; $SD=18.67$) је значајно мања мутноћа воде у односу на Власотинце ($M=42.38$; $SD=39.16$). За мерно место Ниш ($M=10.50$; $SD=2.65$) је значајно мања ХПК ($KMnO_4$) у односу на Власотинце ($M=12.52$; $SD=3.94$). За мерно место Ниш ($M=0.12$; $SD=0.07$) је значајно већа вредност амонијака у односу на Власотинце ($M=0.05$; $SD=0.03$). За мерно место Ниш ($M=5.93$; $SD=0.91$) је значајно већа вредност нитрата у односу на Власотинце ($M=1.55$; $SD=0.48$). За мерно место Ниш ($M=0.06$; $SD=0.02$) је значајно већа вредност нитрита у односу на Власотинце ($M=0.004$; $SD=0.001$). За мерно место Ниш ($M=0.03$; $SD=0.003$) је значајно мања вредност мангана у односу на Власотинце ($M=0.08$; $SD=0.06$).

Разлике између Ниша и Власотинца у месецима са просечним протицајем воде у концентрацији гвожђа и pH вредности воде нису значајне; $p>0.05$.

Укупно је 60 месеци са великим протицајем воде, 30 за мерно место Ниш и исто толико за мерно место Свође (табела 6-29).

Табела 6-29 Разлике између Ниша и Власотинца у месецима са великим протицајем воде

Параметар	Место	M	SD	t	p
Мутноћа (NTU)	Ниш	41.395	22.116	-1.065	0.296
	Власотинце	50.384	24.063		
ХПК ($KMnO_4$) (mg/l)	Ниш	12.455	3.925	0.545	0.590
	Власотинце	11.784	2.721		
Амонијак (mg/l)	Ниш	0.109	0.026	9.067	0.000
	Власотинце	0.037	0.017		
Нитрати (mg/l)	Ниш	5.317	0.635	14.857	0.000
	Власотинце	2.127	0.537		
Нитрити (mg/l)	Ниш	0.031	0.007	14.835	0.000
	Власотинце	0.004	0.001		

<i>Параметар</i>	<i>Место</i>	<i>M</i>	<i>SD</i>	<i>t</i>	<i>p</i>
Гвожђе (mg/l)	Ниш	0.124	0.037	-3.324	0.004
	Власотинце	0.264	0.160		
Манган (mg/l)	Ниш	0.024	0.001	-5.945	0.000
	Власотинце	0.091	0.044		
pH вредност	Ниш	7.973	0.045	0.825	0.422
	Власотинце	7.926	0.218		

За мерно место Ниш ($M=41.40$; $SD=22.12$) је значајно мања мутноћа воде у односу на Власотинце ($M=50.38$; $SD=24.06$). За мерно место Ниш ($M=5.32$; $SD=0.64$) је значајно већа вредност нитрата у односу на Власотинце ($M=2.13$; $SD=0.54$), $t(28)=14.86$; $p=0.00$. За мерно место Ниш ($M=0.03$; $SD=0.01$) је значајно већа вредност нитрита у односу на Власотинце ($M=0.004$; $SD=0.001$), $t(14,68)=14.84$; $p=0.00$. За мерно место Ниш ($M=0.11$; $SD=0.03$) је значајно већа вредност амонијака у односу на Власотинце ($M=0.04$; $SD=0.02$), $t(28)=9.07$; $p=0.00$. За мерно место Ниш ($M=0.12$; $SD=0.04$) је значајно мања вредност гвожђа у односу на Власотинце ($M=0.26$; $SD=0.16$), $t(15,47)=-3.32$; $p=0.00$. За мерно место Ниш ($M=0.02$; $SD=0.001$) је значајно мања вредност мангана у односу на Власотинце ($M=0.09$; $SD=0.04$), $t(14,01)=-5.95$; $p=0.00$.

Разлике између Ниша и Власотинца у месецима са великим протицајем воде у ХПК ($KMnO_4$) и pH вредности воде нису значајне; $p>0.05$.

6.2.9 Зависност параметара квалитета сирове површинске воде у односу на запремински протицај

Да би се испитао утицај протицаја воде на показатеље квалитета сирове површинске воде примењена је регресиона анализа. У свим моделима, предикторска варијабли је протицај воде, док су критеријумске варијабли представљали параметри квалитета сирове воде. Како би се пронашла најприкладнија функција за моделовање дистрибуције података, испитиване су различите функције: линеарна, логаритамска, инверзна, квадратна, кубна, степена, S-функција раста и експоненцијална функција. Критеријум за избор оптималне функције била је најмања стандардна грешка (SE), а у случајевима где је стандардна грешка била идентична, предност је давана моделу са већим коефицијентом детерминације (R^2). Као додатни критеријум, ако су модели били

једнаки по претходна два критеријума, изабрана је једноставнија функција због лакше интерпретације.

6.2.10 Промена вредности анализираних параметара квалитета сирове воде у односу на запремински протицај за мерно место Ниш

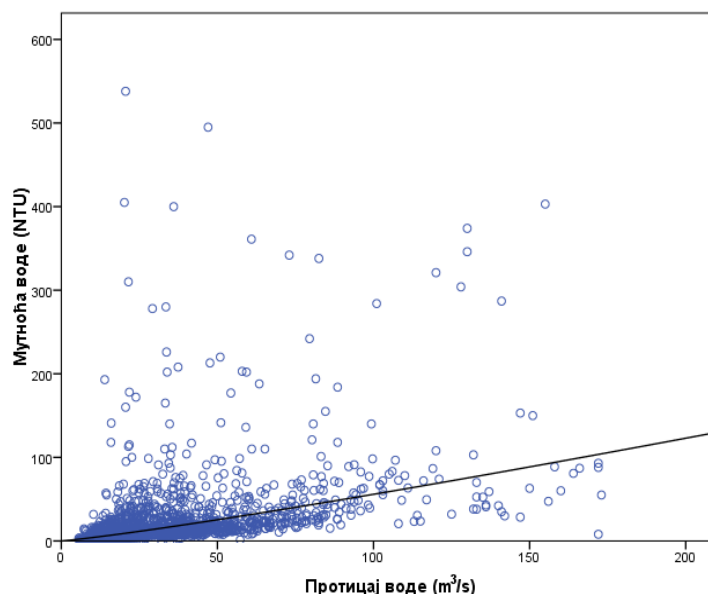
Оцена модела је рађена за сваки параметар квалитета сирове површинске воде за мерно место Ниш. На основу дефинисаних критеријума, за параметар мутноћа воде, изабран је регресиони модел са степеном функцијом. Регресиона једначина гласи (6.4):

$$NTU = 0,295 \cdot Q^{1,140} \quad (6.4)$$

где:

- NTU представља мутноћу воде исказану у NTU јединицама;
- коефицијент $1,140$ показује тзв. еластичност, што значи да када се протицај повећа за 1%, мутноћа воде се повећа за 1,14%;
- Q је протицај исказан у m^3/s .

Слика 6-53 представља дијаграм расипања и показује облик зависности између мутноће воде и протицаја. Регресиони модел предикције мутноће воде на основу запреминског протицаја, има статистички значајно добру предикциону моћ ($\text{sig} < 0,001$).



Слика 6-53 Утицај протицаја на мутноћу воде

Између протицаја и мутноће воде постоји нелинеарна веза, таква да када се протицај повећа за 1%, онда се мутноћа повећа за 1,14%. Стандардна грешка предикције у овом моделу је 0,826. Модел објашњава 50,1% варијансе зависне променљиве ($R^2 = 0,501$).

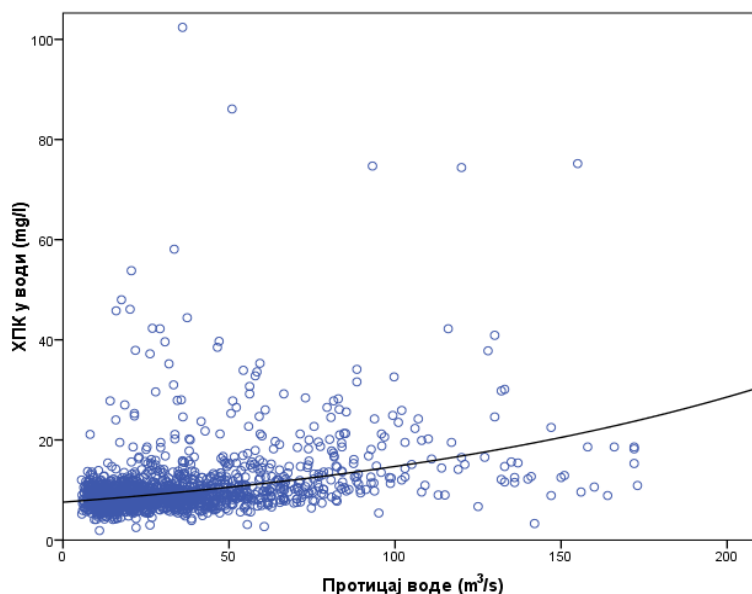
Према утврђеним критеријумима за параметар ХПК (KMnO_4), као најприкладнији одабран је експоненцијални регресиони модел. Одговарајућа регресиона једначина дата је у формули (6.5):

$$C_{\text{НРК (KMnO}_4)} = 7,573 \cdot e^{0,007 \cdot Q} \quad (6.5)$$

где:

- $C_{\text{НРК (KMnO}_4)}$ представља вредност ХПК (KMnO_4) у mg/l;
- коефицијент 0,007 показује релативну промену зависне променљиве приликом повећања вредности предиктора за 1 јединицу мере, што значи да када се проток повећа за 1 m³/s, онда се концентрација ХПК (KMnO_4) повећа за 0,007%;
- Q представља протицај исказан у m³/s.

Слика 6-54 приказује дијаграм расипања, односно облик зависности између концентрације ХПК (KMnO_4) и протицаја. Регресиони модел предикције концентрације ХПК (KMnO_4) на основу запреминског протицаја има статистички значајно добру предикциону моћ (sig < 0,001).



Слика 6-54 Утицај протицаја на ХПК (KMnO_4)

Између запреминског протицаја и концентрације ХПК (KMnO_4) постоји нелинеарна веза, таква да када се протицај повећа за 1 m³/s, онда се концентрација ХПК

(KMnO₄) повећа за 0,007%. Стандардна грешка предикције у овом моделу је 0.358. Модел објашњава 20,2% варијансе зависне променљиве ($R^2 = 0,202$).

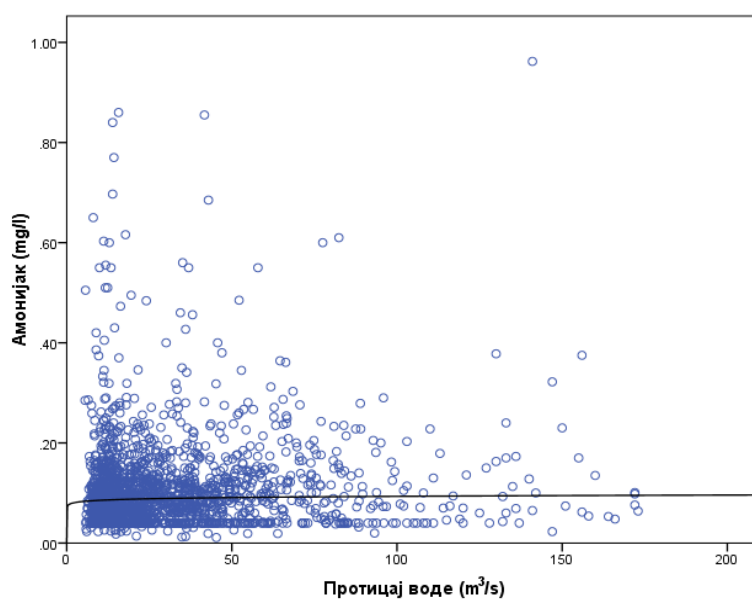
У складу са дефинисаним критеријумима за параметар амонијак, изабран је регресиони модел са степеном функцијом. Регресиона једначина је следећа (6.6):

$$C_{NH_3} = 0,078 \cdot Q^{0,034} \quad (6.6)$$

где:

- C_{NH_3} представља концентрацију амонијака у води (у mg/l);
- коефицијент 0,034 представља тзв. еластичност, што значи да када би се протицај повећао за 1%, концентрација амонијака би се повећала за 0,034%;
- Q је протицај исказан у m³/s.

Слика 6-55 је дијаграм расипања и показује облик зависност између концентрације амонијака и протицаја. Регресиони модел предикције концентрације амонијака на основу протицаја нема статистички значајно добру предикциону моћ (sig = 0,064), међутим, вредност значајности је веома близу прагу значајности ($\alpha=0,05$). Између протицаја и концентрације амонијака постоји нелинеарна веза, таква да када се протицај повећа за 1%, онда се концентрација амонијака повећа за 0,034%. Стандардна грешка предикције у овом моделу је 0,639. Модел објашњава 0,2% варијансе зависне променљиве ($R^2 = 0,002$).



Слика 6-55 Утицај протицаја на концентрацију амонијака

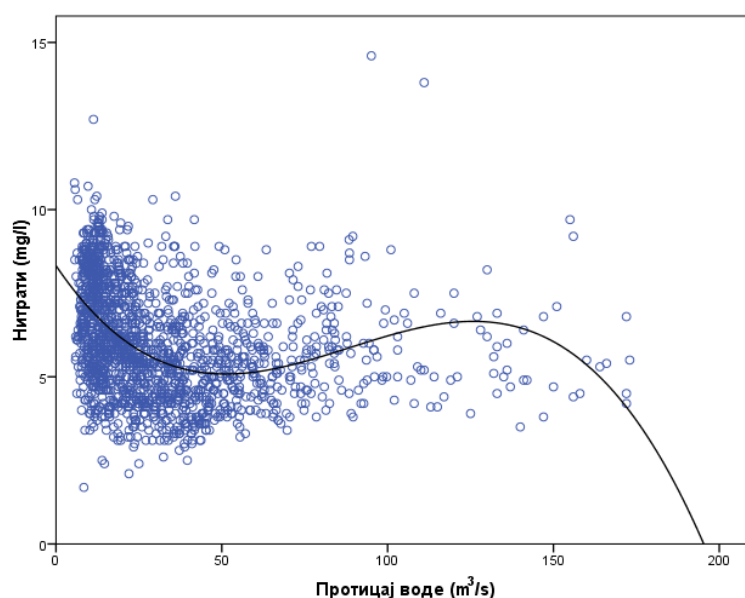
На основу дефинисаних критеријума, за параметар NO_3^- , утврђено је да је веза у облику полинома трећег степена, што отежава једноставно описивање вредности коефицијената и утицаја промене протицаја на концентрацију нитрата. Према томе, регресиона једначина гласи (6.7):

$$C_{\text{NO}_3^-} = -7,59 \cdot 10^{-6} \cdot Q^3 + 0,002 \cdot Q^2 - 0,147 \cdot Q + 8,324 \quad (6.7)$$

где:

- $C_{\text{NO}_3^-}$ представља концентрацију нитрата у води (у mg/l);
- Q представља протицај (у m^3/s).

Слика 6-56 приказује дијаграм расипања и облик зависности између концентрације нитрата и протицаја. Регресиони модел предикције концентрације нитрата на основу протицаја има статистички значајно добру предикциону моћ ($\text{sig} < 0,001$). Између протицаја и концентрације нитрата постоји нелинеарна веза у облику полинома трећег степена, и није могуће на једноставан начин описати вредности коефицијената и утицај промене протицаја на концентрацију нитрата. Стандардна грешка предикције у овом моделу је 1,522. Модел објашњава 18,5% варијансе зависне променљиве ($R^2 = 0,185$).



Слика 6-56 Утицај протицаја на концентрацију нитрата

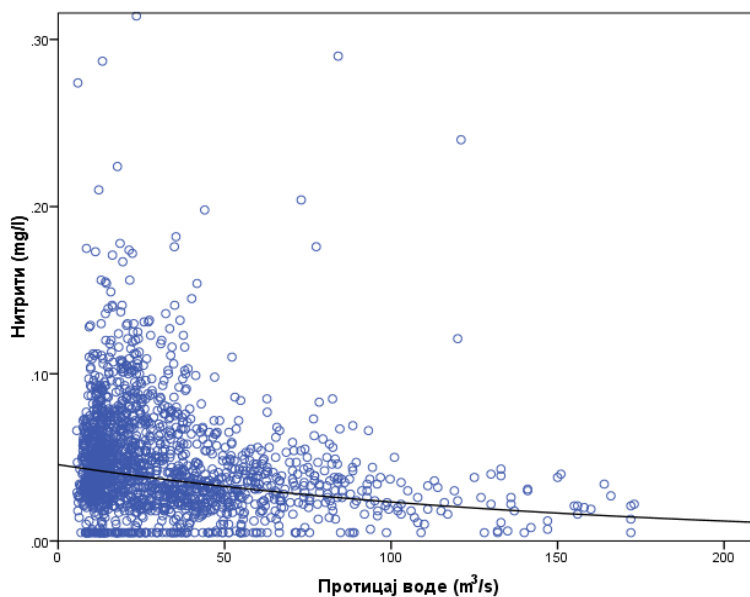
На основу дефинисаних критеријума, за параметар нитрит, регресиона једначина гласи (6.8):

$$C_{NO_2^-} = 0,046 \cdot e^{0,007 \cdot Q} \quad (6.8)$$

где:

- $C_{NO_2^-}$ представља концентрацију нитрита у води (у mg/l);
- коефицијент 0,007 показује релативну промену зависне променљиве приликом повећања вредности предиктора за 1 јединицу мере, што значи да када се протицај повећа за 1 m³/s, онда се концентрација нитрита повећа за 0,007%;
- Q представља протицај (у m³/s).

Слика 6-57 приказује дијаграм расејања и облик зависности између концентрације нитрита и запреминског протицаја. Регресиони модел предикције концентрације нитрита на основу протицаја има статистички значајно добру предикциону моћ (sig < 0,001). Између протицаја и концентрације нитрита постоји нелинеарна веза, таква да када се протицај повећа за 1 m³/s, онда се мутноћа повећа за 0,007%. Стандардна грешка предикције у овом моделу је 0,767. Модел објашњава 5,4% варијансе зависне променљиве ($R^2 = 0,054$).



Слика 6-57 Утицај протицаја на концентрацију нитрита

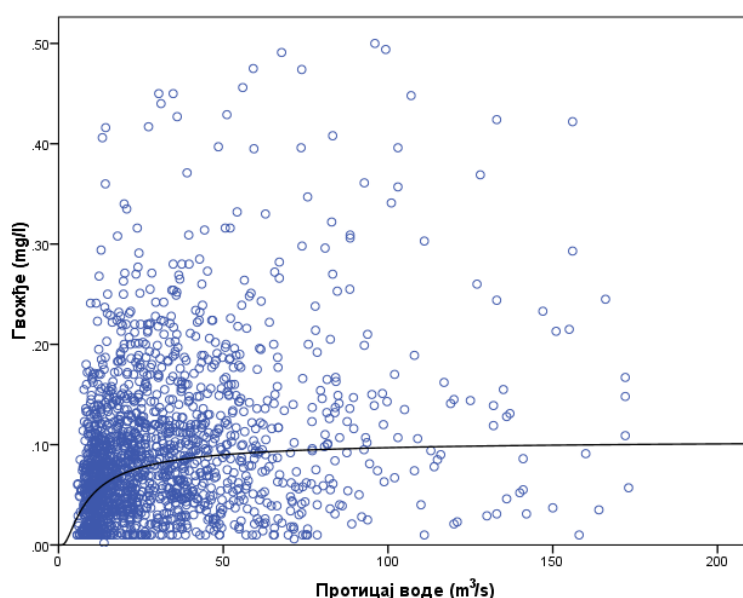
Према дефинисаним критеријумима, за параметар гвожђе, утврђено је да је веза у облику тзв. S криве и није могуће на једноставан начин описати вредности коефицијента, као и утицај промене протицаја на концентрацију гвожђа. Регресиона једначина гласи (6.9):

$$C_{Fe} = e^{-2,258 - \frac{7,571}{Q}} \quad (6.9)$$

где:

- C_{Fe} представља концентрацију гвожђа у води (у mg/l);
- Q представља протицај (у m³/s).

Слика 6-58 приказује дијаграм расипања, односно облик зависности између концентрације гвожђа и протицаја. Регресиони модел предикције концентрације гвожђа на основу протицаја има статистички значајно добру предикциону моћ (sig < 0,001). Између протицаја и концентрације гвожђа постоји нелинеарна веза у облику тзв. S криве, што онемогућава једноставно описивање вредности коефицијената и утицаја промене протицаја на концентрацију гвожђа. Такође, потребно је нагласити да предикциона функција није довољно изражена, јер је распон промена у математичком смислу веома мали. Стандардна грешка предикције у овом моделу је 0,857. Модел објашњава 8,1% варијансе зависне променљиве ($R^2 = 0,081$).



Слика 6-58 Утицај протицаја на концентрацију гвожђа

На основу дефинисаних критеријума, за параметар манган, утврђено је да је веза у облику полинома другог степена и да није могуће на једноставан начин описати вредности коефицијената и утицај промене запреминског протицаја на концентрацију мангана. Регресиона једначина гласи (6.10):

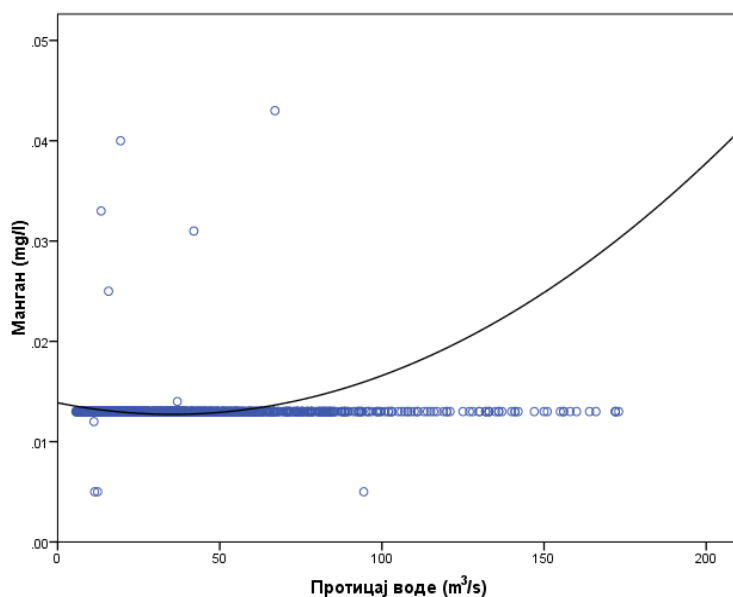
$$C_{Mn} = 9,238 \cdot 10^{-7} \cdot Q^2 - 6,525 \cdot 10^{-5} \cdot Q + 0,014 \quad (6.10)$$

где:

- C_{Mn} представља концентрацију мангана у води (у mg/l);

- Q је проток изражен у m^3/s .

Слика 6-59 представља дијаграм расипања и показује облик зависности између концентрације мангана и запреминског протицаја. Регресиони модел предикције концентрације мангана на основу протицаја има статистички значајно добру предикциону моћ ($\text{sig} < 0,001$). Између протицаја и концентрације мангана постоји нелинеарна веза у облику полинома другог степена и није могуће на једноставан начин описати вредности коефицијената и утицај промене протицаја на концентрацију мангана. Стандардна грешка предикције у овом моделу је 0,011. Модел објашњава 2,2% варијансе зависне променљиве ($R^2 = 0,022$).



Слика 6-59 Утицај протицаја на концентрацију мангана

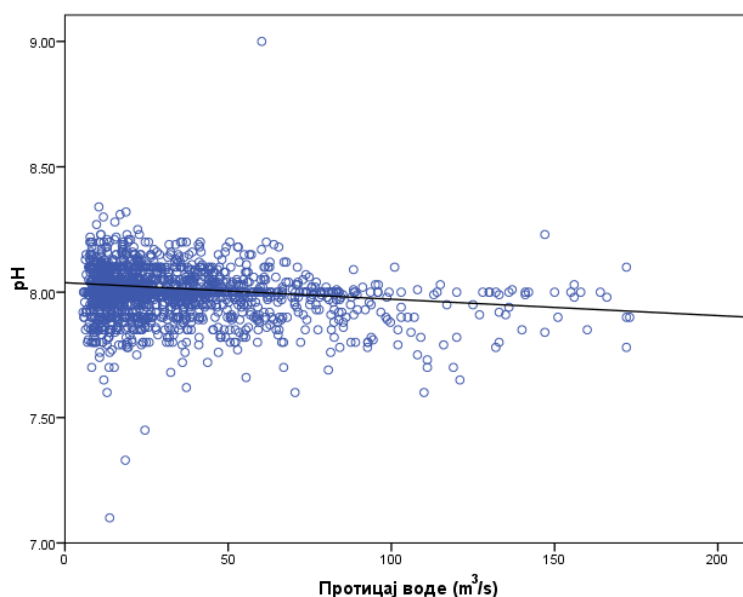
На основу дефинисаних критеријума, за параметар pH вредност, изабран је експоненцијални регресиони модел. Одговарајућа регресиона једначина дата је у формули (6.11):

$$\text{pH} = 8,038 \cdot e^{-8,228 \cdot 10^{-5} \cdot Q} \quad (6.11)$$

где:

- pH вредност представља концентрацију водоничних јона (H^+) и бездимензионална је мера;
- коефицијент $8,228 \cdot 10^{-5}$ показује релативну промену зависне променљиве приликом повећања вредности предиктора за 1 јединицу мере, што значи да када се протицај повећа за $1 \text{ m}^3/\text{s}$, онда се pH смањи за $8,228 \cdot 10^{-5}\%$;
- Q представља протицај исказан у m^3/s .

Слика 6-60 приказује дијаграм расејања, односно облик зависности између рН вредности и запреминског протицаја. Регресиони модел предикције рН вредности на основу протицаја нема статистички значајно добру предикциону моћ ($\text{sig} = 0,391$). Између протицаја и рН вредности постоји нелинеарна веза, при чему повећање протицаја за $1 \text{ m}^3/\text{s}$, доводи до смањења рН вредности за $8,228 \cdot 10^{-5}\%$. Ипак, с обзиром на то да модел није статистички значајан, његова употреба за предикцију није оправдана. Стандардна грешка предикције у овом моделу је 0,11. Модел не објашњава ни 0,1% варијансе зависне променљиве ($R^2 = 0,000$).



Слика 6-60 Утицај протицаја на рН вредност воде

Према дефинисаним критеријумима, за параметар БПК₅, изабран је регресиони модел са степеном функцијом. Регресиона једначина гласи (6.13):

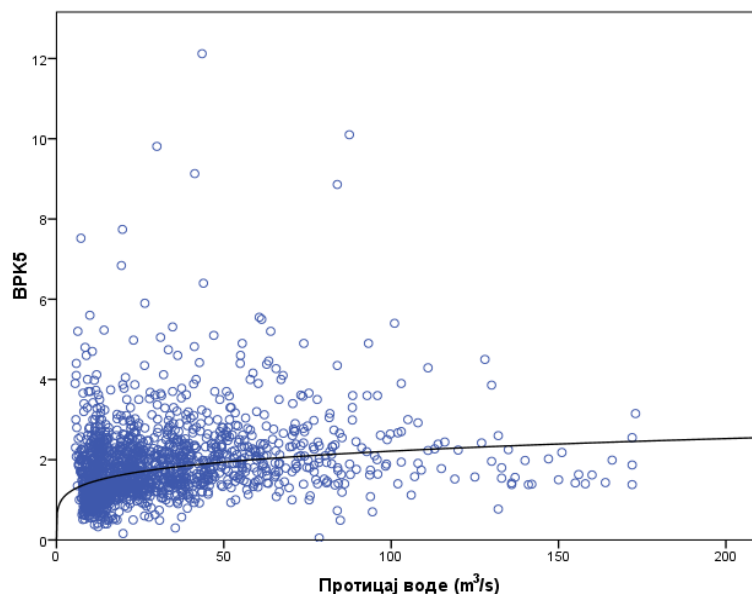
$$C_{\text{БПК}_5} = 0,921 \cdot Q^{0,19} \quad (6.13)$$

где:

- $C_{\text{БПК}_5}$ представља концентрацију БПК₅ у води (у mgO_2/l);
- коефицијент 0,190 показује тзв. еластичност, што значи да када се протицај повећа за 1%, онда се БПК₅ повећа за 0,19%;
- Q представља протицај изражен у m^3/s .

Слика 6-61 приказује дијаграм расејања, односно облик зависности између концентрације БПК₅ и запреминског протицаја. Регресиони модел предикције концентрације БПК₅ на основу протицаја има статистички значајно добру предикциону

моћ ($\text{sig} < 0,001$). Између протицаја и БПК₅ постоји нелинеарна веза, таква да БПК₅ расте за 0,19% са порастом протицаја воде за 1%.



Слика 6-61 Утицај протицаја на БПК₅

Применом регресионих анализа за мерно место Ниш установљена је статистички значајно добра предикциона моћ за параметре квалитета сирове површинске воде, укључујући: мутноћу, ХПК (KMnO₄), нитрате, нитрите, гвожђе, манган и БПК₅ у односу на промене протицаја воде. Такође је утврђено да не постоји статистички значајно добра предикциона моћ између концентрације амонијака, рН вредности и интензитета протицаја воде.

6.2.11 Промена вредност анализираних параметара квалитета сирове површинске воде у односу на запремински протицај за мерно место Свође

Аналогно претходној анализи спроведеној за мерно место Ниш, извршена је оцена модела за одабране параметре квалитета сирове површинске воде за мерно место Свође. На основу дефинисаних критеријума, за параметар мутноћа воде, изабран је регресиони модел степене функције. Регресиона једначина гласи (6.14):

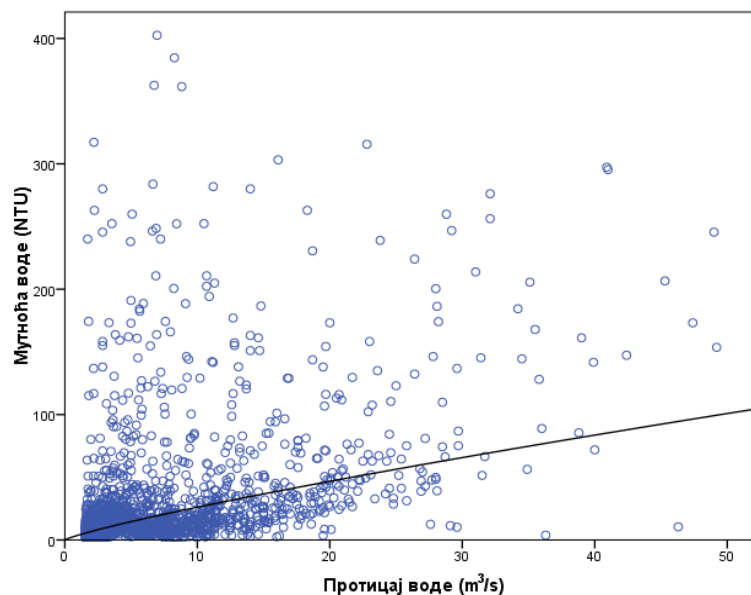
$$NTU = 3,793 \cdot Q^{0,839} \quad (6.14)$$

где:

- NTU представља мутноћу воде исказану у NTU јединицама;

- коефицијент 0,839 приказује тзв. еластичност, што значи да када се протицај повећа за 1%, онда се мутноћа повећа за 0,839%;
- Q представља протицај ($\text{y m}^3/\text{s}$).

Слика 6-62 приказује дијаграм расејања, односно облик зависности између мутноће воде и протицаја. Регресиони модел предикције мутноће воде на основу протицаја има статистички значајно добру предикциону моћ ($\text{sig} < 0,001$). Између протицаја и мутноће воде постоји нелинеарна веза, таква да када се проток повећа за 1%, онда се мутноћа воде повећа за 0,839%. Стандардна грешка предикције у овом моделу је 1,027. Модел објашњава 31,2% варијансе зависне променљиве ($R^2 = 0,312$).



Слика 6-62 Утицај протицаја на мутноћу воде

Према утврђеним критеријумима за параметар ХПК (KMnO_4), изабран је регресиони модел степене функције. Дата је одговарајућа регресиона једначина (6.15):

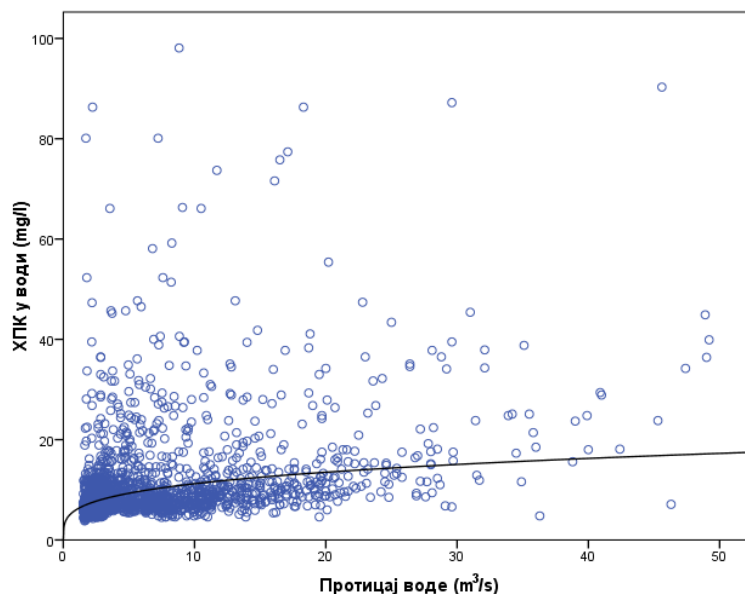
$$C_{\text{НРК (KMnO}_4\text{)}} = 6,053 \cdot Q^{0,268} \quad (6.15)$$

где:

- $C_{\text{НРК (KMnO}_4\text{)}}$ представља вредност ХПК (KMnO_4) (y mg/l);
- коефицијент 0,268 показује тзв. еластичност, што представља процењено повећање ХПК (KMnO_4) за 0,268% за свако повећање протицаја за 1%;
- Q је проток ($\text{y m}^3/\text{s}$).

Слика 6-63 приказује дијаграм расејања, односно облик зависности између ХПК (KMnO_4) и запреминског протицаја. Регресиони модел предикције ХПК (KMnO_4) на основу протицаја има статистички значајно добру предикциону моћ ($\text{sig} < 0,001$).

Између протицаја и ХПК (KMnO₄) постоји нелинеарна веза, таква да када се протицај повећа за 1%, онда се ХПК (KMnO₄) повећа за 0,268 %.



Слика 6-63 Утицај протицаја на ХПК (KMnO₄)

На основу дефинисаних критеријума, за параметар амонијак, утврђено је да је веза у облику тзв. S криве и да није могуће на једноставан начин описати вредности коефицијента и утицај промене протицаја на концентracију амонијака. Регресиона једначина гласи (6.16):

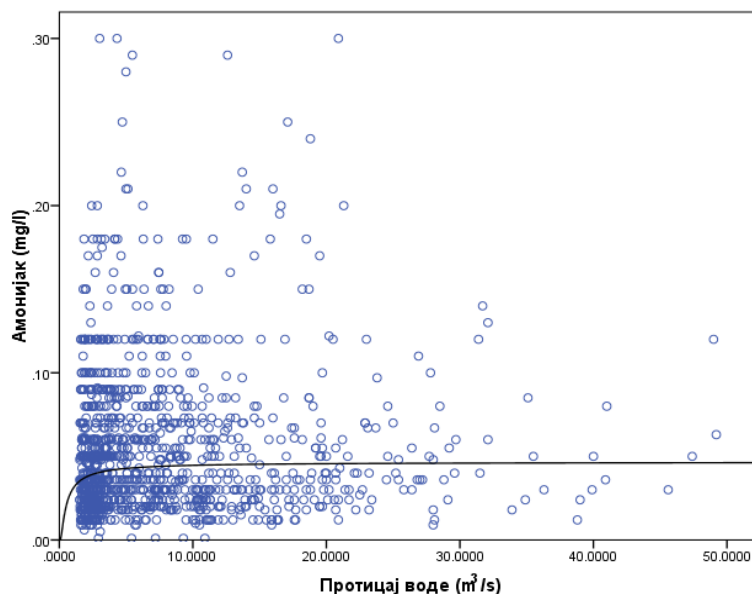
$$C_{NH_3} = e^{-3,066 - \frac{0,426}{Q}} \quad (6.16)$$

где:

- C_{NH_3} представља концентрацију амонијака у води (у mg/l);
- Q представља протицај (у m³/s).

Слика 6-64 приказује дијаграм расипања и показује облик зависности између концентрације амонијака и протицаја. Регресиони модел предикције концентрације амонијака на основу протицаја има статистички значајно добру предикциону моћ (sig < 0,001). Између протицаја и концентрације амонијака постоји нелинеарна веза у облику тзв. S криве и није могуће на једноставан начин описати вредности коефицијента и утицај промене протицаја на концентracију амонијака. Треба нагласити да предикциона функција није довољно изражена, јер је распон промена у математичком смислу веома мали.

Стандардна грешка предикције у овом моделу је 0,761. Модел објашњава 0,9% варијансе зависне променљиве ($R^2 = 0,009$).



Слика 6-64 Утицај протицаја на концентрацију амонијака

На основу дефинисаних критеријума, за параметар нитрат, изабран је регресиони модел степене функције. Регресиона једначина гласи (6.17):

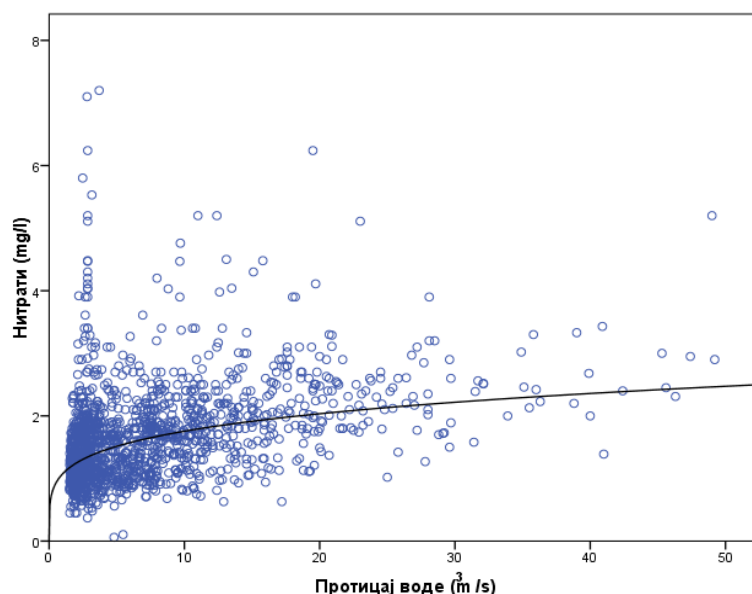
$$C_{NO_3^-} = 1,075 \cdot Q^{0,213} \quad (6.17)$$

где:

- $C_{NO_3^-}$ представља концентрацију нитрата у води (у mg/l);
- коефицијент 0,213 показује тзв. еластичност, што значи да када се протицај повећа за 1%, онда се концентрација нитрата повећа за 0,213 %;
- Q је протицај (у m³/s).

Слика 6-65 приказује дијаграм расипања и облик зависности између концентрације нитрата и протицаја. Регресиони модел предикције концентрације нитрата на основу протицаја има статистички значајно добру предикциону моћ ($\text{sig} < 0,001$). Између протицаја и концентрације нитрата постоји нелинеарна веза, таква да када се протицај повећа за 1%, онда се концентрација нитрата повећа за 0,268 %.

Стандардна грешка предикције у овом моделу је 0,386 Модел објашњава 17,3% варијансе зависне променљиве ($R^2 = 0,173$).



Слика 6-65 Утицај протицаја на концентрацију нитрата

Према дефинисаним критеријумима, за параметар нитрит, утврђено је да је веза у облику тзв. S криве и да није могуће на једноставан начин описати вредности коефицијента и утицај промене протицаја на концентрацију нитрита. Регресиона једначина гласи (6.18):

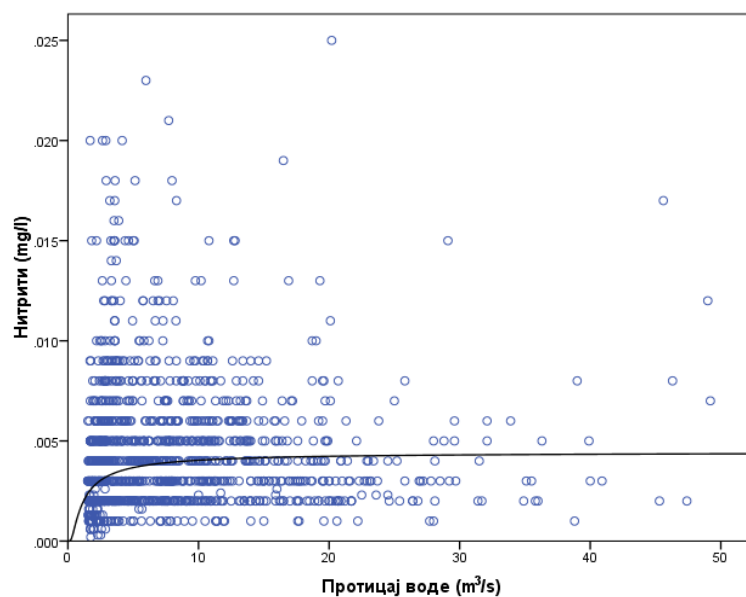
$$C_{NO_2^-} = e^{-5,417 - \frac{0,954}{Q}} \quad (6.18)$$

где:

- $C_{NO_2^-}$ представља концентрацију нитрита у води (у mg/l);
- Q представља протицај (у m³/s).

Слика 6-66 приказује дијаграм расипања и облик зависности између концентрације нитрита и протицаја. Регресиони модел предикције концентрације нитрита на основу протицаја има статистички значајно добру предикциону моћ (sig < 0,001). Између протицаја и концентрације нитрита постоји нелинеарна веза у облику тзв. S криве и није могуће на једноставан начин описати вредности коефицијента и утицај промене протицаја на концентрацију нитрита. Важно је истаћи да предикциона функција није довољно изражена због веома ограниченог распона промена у математичком смислу.

Стандардна грешка предикције у овом моделу је 0,642. Модел објашњава 6,3% варијансе зависне променљиве ($R^2 = 0,063$).



Слика 6-66 Утицај протицаја на концентрацију нитрита

На основу дефинисаних критеријума, за параметар гвожђе, утврђено је да је веза у облику полинома другог степена и да није могуће на једноставан начин описати вредности коефицијената и утицај промене протицаја на концентрацију гвожђа. Регресиона једначина гласи (6.19):

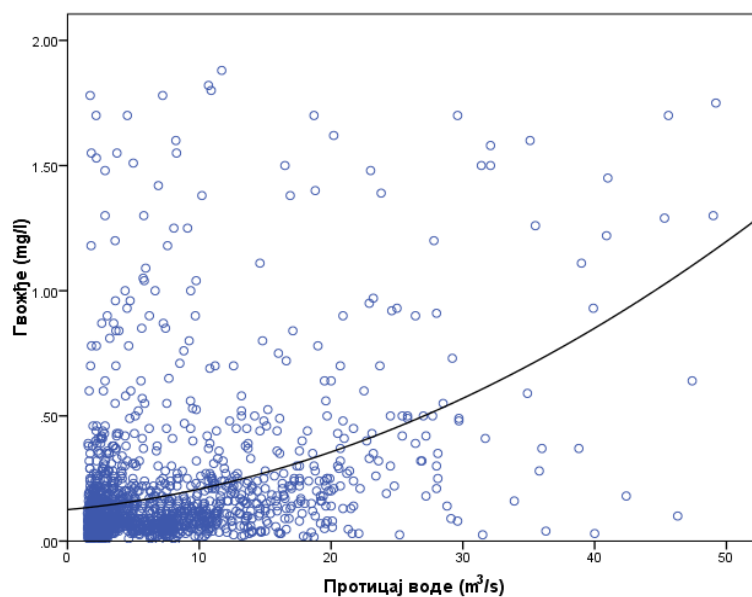
$$C_{Fe} = 0,0003 \cdot Q^2 + 0,005 \cdot Q + 0,126 \quad (6.19)$$

где:

- C_{Fe} представља концентрацију гвожђа у води (у mg/l);
- Q је протицај (у m³/s).

Слика 6-67 приказује дијаграм расејања, односно облик зависности између концентрације гвожђа и протицаја. Регресиони модел предикције концентрације гвожђа на основу протицаја има статистички значајно добру предикциону моћ (sig < 0,001). Између протицаја и концентрације гвожђа постоји нелинеарна веза у облику полинома другог степена и није могуће на једноставан начин описати вредности коефицијената и утицај промене протицаја на концентрацију гвожђа.

Стандардна грешка предикције у овом моделу је 0,26. Модел објашњава 15,7% варијансе зависне променљиве ($R^2 = 0,157$).



Слика 6-67 Утицај протицаја на концентрацију гвожђа

На основу дефинисаних критеријума, за параметар манган, дата регресиона једначина гласи (6.20):

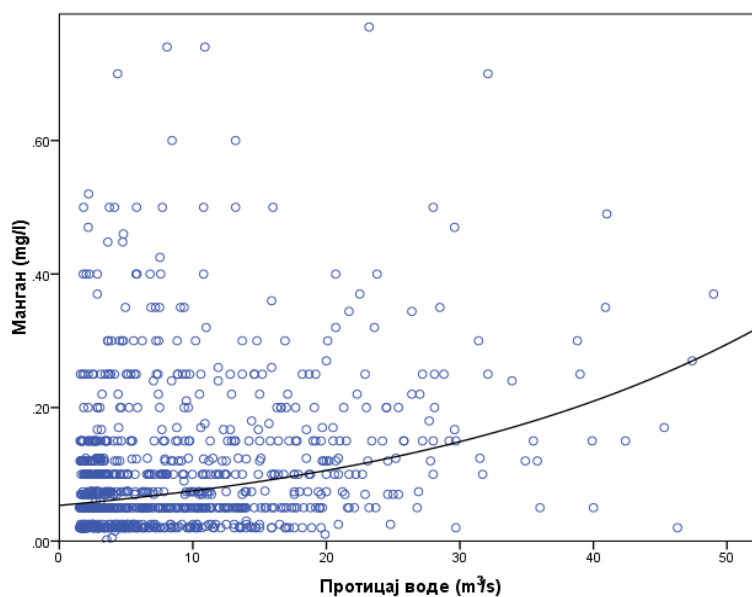
$$C_{Mn} = 0,053 \cdot e^{0,034 \cdot Q} \quad (6.20)$$

где:

- C_{Mn} представља концентрацију мангана у води (у mg/l);
- коефицијент 0,034 показује релативну промену зависне променљиве приликом повећања вредности предиктора за 1 јединицу мере, што значи да када се протицај повећа за 1 m³/s, онда се концентрација мангана повећа за 0,034 % ;
- Q је протицај (у m³/s).

Слика 6-68 приказује дијаграм расејања и облик зависности између концентрације мангана и протицаја. Регресиони модел предикције концентрације мангана на основу протицаја има статистички значајно добру предикциону моћ ($\text{sig} < 0,001$). Између протицаја и концентрације мангана постоји нелинеарна веза, таква да када се протицај повећа за 1 m³/s, онда се концентрација мангана повећа за 0,034%.

Стандардна грешка предикције у овом моделу је 0,887. Модел објашњава 8,6% варијансе зависне променљиве ($R^2 = 0,086$).



Слика 6-68 Утицај протицаја на концентрацију мангана

Према дефинисаним критеријумима, за параметар рН вредност, уочено је да је веза у облику тзв. *S* криве и да није могуће на једноставан начин описати вредности коефицијената и утицај промене протицаја на рН вредност. Регресиона једначина гласи (6.22):

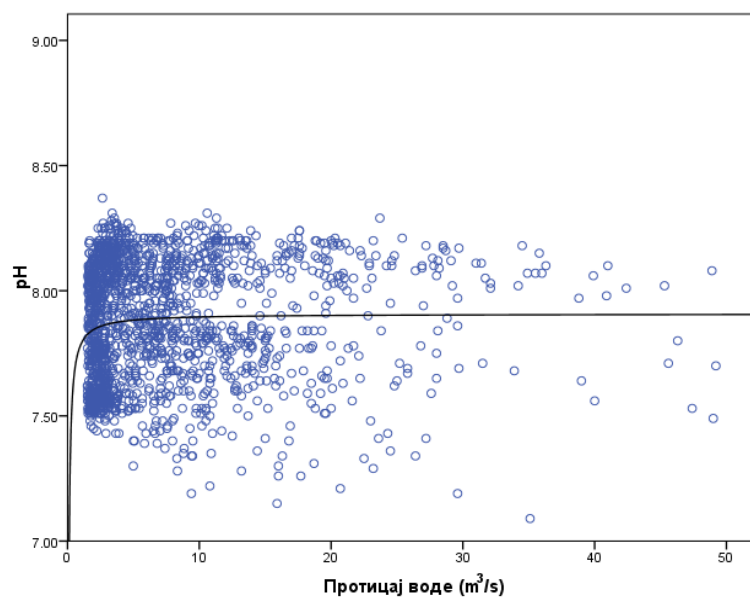
$$pH = e^{2,069 - \frac{0,016}{Q}} \quad (6.22)$$

где:

- *pH* вредност представља концентрацију водоничних јона (H^+) и бездимензионална је мера;
- *Q* је протицај (у m^3/s).

Слика 6-69 приказује дијаграм расејања и облик зависности између рН вредности воде и протицаја. Регресиони модел предикције рН вредности на основу протицаја има статистички значајно добру предикциону моћ (сиг < 0,001). Између протицаја и рН вредности воде постоји нелинеарна веза у облику тзв. *S* криве и није могуће на једноставан начин описати вредности коефицијента и утицај промене протицаја на рН вредност воде.

Стандардна грешка предикције у овом моделу је 0,034. Модел објашњава 0,7% варијансе зависне променљиве ($R^2 = 0,007$).



Слика 6-69 Утицај протицаја на рН вредност воде

На основу дефинисаних критеријума, за параметар алуминијум, уочена је веза у облику полинома другог степена, као и да није могуће на једноставан начин описати вредности коефицијената и утицај промене протицаја на концентрацију алуминијума. Регресиона једначина гласи (6.24):

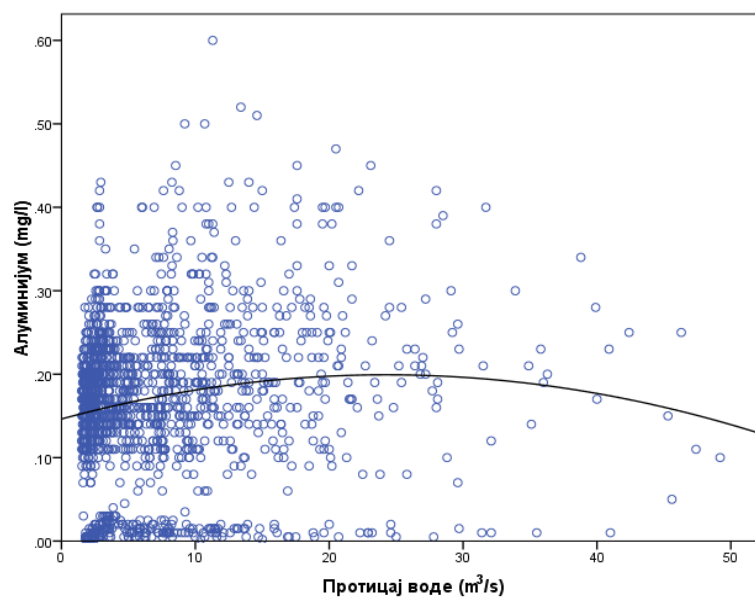
$$C_{Al} = -0,00009 \cdot Q^2 + 0,004 \cdot Q + 0,144 \quad (6.24)$$

где:

- C_{Al} представља концентрацију алуминијума у води (у mg/l);
- Q је протицај (у m³/s).

Слика 6-70 приказује дијаграм расејања и облик зависности између концентрације алуминијума и протицаја. Регресиони модел предикције концентрације алуминијума на основу протицаја има статистички значајно добру предикциону моћ (sig < 0,001). Између протицаја и концентрације алуминијума постоји нелинеарна веза у облику полинома другог степена и није могуће на једноставан начин описати вредности коефицијената и утицај промене протицаја на концентрацију алуминијума.

Стандардна грешка предикције у овом моделу је 0,091. Модел објашњава 2,4% варијансе зависне променљиве ($R^2 = 0,024$).



Слика 6-70 Утицај протицаја на концентрацију алуминијума

Применом регресионих анализа за мерно место Свође установљена је статистички значајно добра предикциона моћ за параметре квалитета сирове површинске воде, укључујући: мутноћу, ХПК (KMnO_4), нитрате, нитрите, гвожђе, манган и алуминијум у односу на промене протицаја воде. Такође је утврђено да не постоји статистички значајна добра предикциона моћ између концентрације амонијака, рН вредности и интензитета протицаја воде.

6.2.12 Анализа кластера за локацију Ниш

Применом методе кластеровања описане у поглављу 6.2 извршена је кластер анализа. Ова анализа (табела 6-30) је спроведена у софтверу R 4.0.4 користећи пакет *dendextend* 1.14.0 и *cluster* 2.1.0. Сходно резултатима ове две мере, најбоље решење има $k=2$ кластера ($asw=0.91$, $r^2=0.74$).

Резултати t – теста за независне узорке указују да постоји значајна разлика између кластера по мутноћи ($t(43,02)=-8,12$; $p=0,00$), ХПК (KMnO_4) ($t(43,05)=-6,93$; $p=0,00$), нитратима ($t(1548)=-6,19$; $p=0,00$), и БПК₅ ($t(44,36)=-4,44$; $p=0,00$). Не постоји значајна разлика између кластера по амонијаку ($t(1548)=-1,76$; $p=0,08$), нитритима ($t(1548)=-1,15$; $p=0,25$), гвожђу ($t(1548)=-0,68$; $p=0,50$), мангану ($t(43,14)=-0,75$; $p=0,46$) и рН вредности ($t(43,00)=-1,00$; $p=0,32$).

У кластеру 1 се налази 1506 (97,2%) мерења. Карактеристика овог кластера су ниске вредности параметара квалитета сирове површинске воде. Протицај воде у овом кластеру је низак ($31.535 \text{ m}^3/\text{s}$).

У кластеру 2 се налази 44 (2,8%) мерења. Вредности параметара квалитета сирове површинске воде у овом кластеру су високе, а одговара им велик протицај воде (95.552 m³/s).

Табела 6-30 Анализа кластера за Ниш

Параметар	Кластер 1	Кластер 2
Мутноћа (NTU)	31.5346	95.5523
ХПК (KMnO ₄) (mg/l)	17.6375	316.7386
Амонијак (mg/l)	9.5771	38.3500
Нитрати (mg/l)	0.1140	0.1770
Нитрити (mg/l)	6.1603	7.8023
Гвожђе (mg/l)	0.0489	0.0575
Манган (mg/l)	0.1335	0.2991
pH вредност	0.0241	0.0255
БПК ₅ (mgO ₂ /l)	7.9980	26.1709

6.2.13 Анализа кластера за локацију Свође

Применом методе кластеровања описане у поглављу 6.2 извршена је кластер анализа. Ова анализа (табела 6-31) је спроведена у софтверу R 4.0.4 користећи пакет *dendextend* 1.14.0 и *cluster* 2.1.0. Сходно резултатима ове две мере, најбоље решење има k=2 кластера (asw=0.83, r²=0.62).

Резултати *t* – теста за независне узорке указују да постоји значајна разлика између кластера по мутноћи (t(73,07)=-8,54; p=0,00), ХПК (KMnO₄) (t(73,42)=-10,49; p=0,00), нитратима (t(1389)=-4,55; p=0,00), нитритима (t(1389)=-1,98; p=0,048), гвожђу (t(74,40)=-6,51; p=0,00), мангану (t(73,99)=-7,22; p=0,00), боји воде (t(78,17)=-8,28; p=0,00) и алуминијуму (t(1389)=-2,11; p=0,04).

Не постоји значајна разлика између кластера по амонијаку (t(73,18)=-1,37; p=0,18) и pH вредности (t(1389)=-0,03; p=0,98).

У кластеру 1 се налази 1317 (94,7%) мерења. Карактеристике овог кластера су ниске вредности параметара квалитета сирове површинске воде. Протицај воде у овом кластеру је мали (6.579 m³/s).

У кластеру 2 се налази 74 (5,3%) мерења. Вредности параметара квалитета сирове површинске воде у овом кластеру су високе. Протицај воде у овом кластеру је велики (15.425 m³/s).

Табела 6-31 Анализа кластера за Свође

Параметар	Кластер 1	Кластер 2
Мутноћа (NTU)	6.5786	15.4254
ХПК (mg/l)	17.3810	209.7164
Амонијак (mg/l)	8.7857	30.5720
Нитрати (mg/l)	0.0412	0.0906
Нитрити (mg/l)	1.5938	1.9819
Гвожђе (mg/l)	0.0036	0.0044
Манган (mg/l)	0.1336	0.3878
рН вредност	0.0490	0.2146
Боја (°Pt - Со скале)	7.8899	7.8908
Алуминијум (mg/l)	20.8181	39.4257

6.2.14 Анализа кластера на просеченим подацима без екстремних вредности за локацију Ниш

За избор најбољег метода кластеровања израчунати су коефицијенти агломерације за пет метода кластеровања (*average, single, complete, ward* и *weighted*) и изабран је *Ward* метод чија вредност коефицијента износи 0.979. *Ward* алгоритам је коришћен да би се груписала мерења на основу измерених вредности квалитета сирове површинске воде (мутноћа, ХПК (KMnO₄), амонијак, нитрати, нитрити, гвожђе, манган, рН вредност и БПК₅). Да би се утврдио оптималан број кластера коришћене су интерне мере валидности *Silhouette Scores* и *Mantel value*. Ова анализа (табела 6-32) је спроведена у софтверу *R 4.0.4* користећи пакет *dendextend 1.14.0* и *cluster 2.1.0*. Сходно резултатима ове две мере, најбоље решење има $k=4$ кластера ($asw=0.59, r^2=0.59$).

Резултати ANOVA анализе указују да постоји значајна разлика између кластера по мутноћи ($F(3, 55)=267,41$; $p=0,00$), ХПК (KMnO₄) ($F(3, 55)=43,20$; $p=0,00$), нитратима ($F(3, 55)=2,91$; $p=0,04$) и мангану ($F(3, 55)=18,41$; $p=0,00$).

Табела 6-32 Анализа кластера за локацију Ниш

Параметар	Кластер 1	Кластер 2	Кластер 3	Кластер 4
Мутноћа (NTU)	9.9674	50.5018	28.6599	96.2967
ХПК (mg/l)	8.6531	13.9252	10.7577	19.2904
Амонијак (mg/l)	0.1083	0.1134	0.1213	0.1840
Нитрати (mg/l)	6.4815	5.8461	5.7166	5.2899

Параметар	Кластер 1	Кластер 2	Кластер 3	Кластер 4
Нитрити (mg/l)	0.0518	0.0429	0.0502	0.0461
Гвожђе (mg/l)	0.1520	0.1287	0.1069	0.1288
Манган (mg/l)	0.0240	0.0243	0.0241	0.0325
pH вредност	8.0021	7.9894	9.4336	7.9238
БПК ₅ (mgO ₂ /l)	1.8461	2.1574	1.9580	2.1455

Да би се утврдило између којих кластера настаје разлика (табела 6-33) коришћен је post hoc Tukey HSD тест.

Табела 6-33 Разлике кластера по показатељима квалитета сирове површинске воде за мерно место Ниш

	Кластер	N	M	SD	F	p
Мутноћа (NTU)	1	28	9,967	4,760	267,408	0,000
	2	11	50,502	6,573		
	3	18	28,660	5,863		
	4	2	96,297	2,088		
ХПК (mg/l)	1	28	8,653	0,984	43,199	0,000
	2	11	13,925	3,051		
	3	18	10,758	1,127		
	4	2	19,290	4,482		
Амонијак (mg/l)	1	28	0,108	0,032	1,329	0,274
	2	11	0,113	0,020		
	3	18	0,121	0,086		
	4	2	0,184	0,044		
Нитрати (mg/l)	1	28	6,482	1,248	2,907	0,043
	2	11	5,846	0,510		
	3	18	5,717	0,768		
	4	2	5,290	0,646		
Нитрити (mg/l)	1	28	0,052	0,025	0,409	0,747
	2	11	0,043	0,019		
	3	18	0,050	0,022		
	4	2	0,046	0,018		
Гвожђе (mg/l)	1	28	0,152	0,381	0,105	0,957
	2	11	0,129	0,032		
	3	18	0,107	0,032		
	4	2	0,129	0,083		
Манган (mg/l)	1	28	0,024	0,000	18,410	0,000
	2	11	0,024	0,001		
	3	18	0,024	0,001		
	4	2	0,033	0,011		
pH вредност	1	28	8,002	0,053	0,751	0,527
	2	11	7,989	0,044		
	3	18	9,434	6,099		
	4	2	7,924	0,069		
БПК ₅ (mgO ₂ /l)	1	28	1,846	0,646	0,668	0,576
	2	11	2,157	0,609		
	3	18	1,958	0,691		
	4	2	2,145	0,575		

Мутноћа воде у 1. кластеру ($M=9,97$; $SD=4,76$) је значајно мања у односу на 2. кластер ($M=50,50$; $SD=6,57$), 3. кластер ($M=28,66$; $SD=5,86$) и 4. кластер ($M=96,30$; $SD=2,09$); $p<0,05$. Мутноћа воде у 2. кластеру ($M=50,50$; $SD=6,57$) је значајно већа него у 3. кластеру ($M=28,66$; $SD=5,86$), а значајно мања него у 4. кластеру ($M=96,30$; $SD=2,09$); $p<0,05$. Мутноћа воде у у 3. кластеру ($M=28,66$; $SD=5,86$) је значајно мања него у 4. кластеру ($M=96,30$; $SD=2,09$); $p<0,05$.

ХПК ($KMnO_4$) у 1. кластеру ($M=8,65$; $SD=0,98$) је значајно мања у односу на 2. кластер ($M=13,93$; $SD=3,05$), 3. кластер ($M=10,76$; $SD=1,13$) и 4. кластер ($M=19,29$; $SD=4,48$); $p<0,05$. ХПК ($KMnO_4$) у 2. кластеру ($M=13,93$; $SD=3,05$) је значајно већа него у 3. кластеру ($M=10,76$; $SD=1,13$), а значајно мања него у 4. кластеру ($M=19,29$; $SD=4,48$); $p<0,05$. ХПК ($KMnO_4$) у 3. кластеру ($M=10,76$; $SD=1,13$) је значајно мања него у 4. кластеру ($M=19,29$; $SD=4,48$); $p<0,05$.

Концентрација нитрата у 1. кластеру ($M=6,48$; $SD=1,25$) је значајно већа у односу на 3. кластер ($M=5,72$; $SD=0,77$); $p<0,05$. Разлике између осталих кластера по концентрацији нитрата у води нису значајне; $p>0,05$.

Концентрација мангана у 4. кластеру ($M=0,03$; $SD=0,01$) је значајно већа у односу на 1. кластер ($M=0,02$; $SD=0,00$), 2. кластер ($M=0,02$; $SD=0,001$) и 3. кластер ($M=0,02$; $SD=0,001$); $p<0,05$. Разлике између осталих кластера по концентрацији нитрата у води нису значајне; $p>0,05$.

У кластеру 1 се налази 28 (47.5%) месеци. Карактеристика овог кластера су ниже вредности мутноће, ХПК ($KMnO_4$), амонијака, и БПК₅, те више вредности нитрата, и гвожђа. Протицај воде у овом кластеру је мали ($18.329\text{ m}^3/\text{s}$).

У кластеру 2 се налази 11 (18.6%) месеци. Карактеристике овог кластера су високе вредности мутноће и БПК₅. Протицај воде у овом кластеру је велики ($55.297\text{ m}^3/\text{s}$).

У кластеру 3 се налази 18 (30.5%) месеци. Карактеристика овог кластера су средње вредности мутноће, ХПК ($KMnO_4$), амонијака, мангана и БПК₅, те ниже вредности нитрата, гвожђа, и мангана. Протицај воде у овом кластеру је велики ($39.094\text{ m}^3/\text{s}$).

У кластеру 4 се налази период од 2 (3.4%) месеца, када су у површинским водама забележене високе вредности мутноће, ХПК ($KMnO_4$), мангана, БПК₅ и амонијака, а ниже вредности нитрата и нитрита. Протицај воде у овом кластеру је велики ($56.166\text{ m}^3/\text{s}$). Детаљна анализа трендова промене одабраних параметара квалитета сирове воде у односу на идентификоване кластере није рађена, обзиром да су кластер анализом добијени резултати који су слични резултатима дескриптивне статистике.

6.2.15 Анализа кластера на просеченим подацима без екстремних вредности за локацију Свође

За избор најбољег метода кластеровања израчунати су коефицијенти агломерације за пет метода кластеровања (*average, single, complete, ward* и *weighted*) и изабран је *Ward* метод чија вредност коефицијента износи 0.984. *Ward* модел је коришћен да би се груписала мерења на основу измерених вредности квалитета сирове површинске воде (мутноћа, ХПК (KMnO₄), амонијак, нитрати, нитрити, гвожђе, манган, рН вредност, боја и алуминијум). Овај метод, уместо мера повезаности и метрике дистанце, приликом одређивања кластера користи анализу варијансе. Процес се започиње са *n* кластера величине 1 и завршава се када су све опсервације укључене у један кластер (Hahs-Vaughn, 2016).

Да би се утврдио оптималан број кластера коришћене су интерне мере валидности *Silhouette Scores Mantel value*. Ова анализа (табела 6-34) је спроведена у софтверу *R* 4.0.4 користећи пакет *dendextend* 1.14.0 и *cluster* 2.1.0. Сходно резултатима ове две мере, најбоље решење има 3 кластера.

Резултати ANOVA анализе указују да постоји значајна разлика између кластера по мутноћи ($F(2, 56)=128,32$; $p=0,00$), ХПК (KMnO₄) ($F(2, 56)=41,69$; $p=0,00$), амонијаку ($F(2, 56)=5,00$; $p=0,01$), нитратима ($F(2, 56)=4,12$; $p=0,02$), гвожђу ($F(2, 56)=24,84$; $p=0,00$), мангану ($F(2, 56)=41,51$; $p=0,00$) и боји воде ($F(2, 56)=27,99$; $p=0,00$).

Табела 6-34 Анализа кластера за Свође

Параметар	Кластер 1	Кластер 2	Кластер 3
Мутноћа (NTU)	10,92568	46,86333	144,78236
ХПК (mg/l)	8,067346	13,191650	18,119663
Амонијак (mg/l)	0,04076252	0,04610702	0,09206222
Нитрати (mg/l)	1,387838	1,807280	1,554956
Нитрити (mg/l)	0,003287276	0,004207365	0,004471111
Гвожђе (mg/l)	0,1001868	0,2646655	0,3737778
Манган (mg/l)	0,03512043	0,08607569	0,21586836
рН вредност	7,875263	7,862535	8,131544
Боја (°Pt - Со скале)	14,98629	27,41724	29,18333
Алуминијум (mg/l)	0,1402790	0,1699097	0,1667556

Да би се утврдило између којих кластера настаје разлика коришћен је post hoc Tukey HSD тест (табела 6-35).

Табела 6-35 Разлике кластера по показатељима квалитета сирове површинске воде за мерно место Свође

Параметар	Кластер	N	M	SD	F	p
Мутноћа (NTU)	1	24	10,926	6,245	128,321	0,000
	2	32	46,863	18,272		
	3	3	144,782	17,267		
ХПК (KMnO ₄) (mg/l)	1	24	8,067	2,224	41,687	0,000
	2	32	13,192	2,615		
	3	3	18,120	2,569		
Амонијак (mg/l)	1	24	0,041	0,023	4,999	0,010
	2	32	0,046	0,026		
	3	3	0,092	0,058		
Нитрати (mg/l)	1	24	1,388	0,342	4,412	0,017
	2	32	1,807	0,638		
	3	3	1,555	0,204		
Нитрити (mg/l)	1	24	0,003	0,002	3,068	0,054
	2	32	0,004	0,001		
	3	3	0,004	0,001		
Гвожђе (mg/l)	1	24	0,100	0,059	24,839	0,000
	2	32	0,265	0,118		
	3	3	0,374	0,065		
Манган (mg/l)	1	24	0,035	0,029	41,507	0,000
	2	32	0,086	0,038		
	3	3	0,216	0,041		
pH вредност	1	24	7,875	0,217	2,218	0,118
	2	32	7,863	0,215		
	3	3	8,132	0,083		
Боја (°Pt - Co скале)	1	24	14,986	6,019	27,986	0,000
	2	32	27,417	6,715		
	3	3	29,183	4,047		
Алуминијум (mg/l)	1	24	0,140	0,073	0,868	0,425
	2	32	0,170	0,094		
	3	3	0,167	0,002		

Мутноћа воде у 3. кластеру (M=144,78; SD=17,27) је већа него у 1. кластеру (M=10,93; SD=6,25) и у 2. кластеру (M=46,86; SD=18,27); $p < 0,05$. Разлика у мутноћи

воде између 1. кластера ($M=10,93$; $SD=6,25$) и 2. кластера ($M=46,86$; $SD=18,27$) је значајна; $p<0,05$.

Вредност ХПК ($KMnO_4$) (слика 6-77) у 3. кластеру ($M=18,12$; $SD=2,57$) је већа него у 1. кластеру ($M=8,07$; $SD=2,22$) и у 2. кластеру ($M=13,19$; $SD=2,62$); $p<0,05$. Разлика у ХПК ($KMnO_4$) између 1. кластера ($M=8,07$; $SD=2,22$) и 2. кластера ($M=13,19$; $SD=2,62$) је значајна; $p<0,05$.

Вредност амонијака у 3. кластеру ($M=0,09$; $SD=0,06$) је већа него у 1. кластеру ($M=0,04$; $SD=0,02$) и у 2. кластеру ($M=0,05$; $SD=0,03$); $p<0,05$. Разлика у концентрацији амонијака у води између 1. кластера ($M=0,04$; $SD=0,02$) и 2. кластера ($M=0,05$; $SD=0,03$) није значајна; $p>0,05$.

Вредност нитрата у 1. кластеру ($M=1,39$; $SD=0,34$) је мања него у 2. кластеру ($M=1,81$; $SD=0,64$); $p<0,05$. Разлике у концентрацији нитрата између 1. кластера и 3. кластера, као и између 2. и 3. кластера нису значајне; $p>0,05$.

Вредност гвожђа у 1. кластеру ($M=0,10$; $SD=0,06$) је мања него у 2. кластеру ($M=0,27$; $SD=0,12$) и у 3. кластеру ($M=0,37$; $SD=0,07$); $p<0,05$. Разлика у концентрацији гвожђа између 2. кластера ($M=0,27$; $SD=0,12$) и 3. кластера ($M=0,37$; $SD=0,07$) није значајна; $p>0,05$.

Вредност мангана у 3. кластеру ($M=0,22$; $SD=0,04$) је већа него у 1. кластеру ($M=0,04$; $SD=0,03$) и у 2. кластеру ($M=0,09$; $SD=0,04$); $p<0,05$. Разлика у концентрацији мангана између 1. кластера ($M=0,04$; $SD=0,03$) и 2. кластера ($M=0,09$; $SD=0,04$) је значајна; $p<0,05$.

Боја воде у 3. кластеру ($M=29,18$; $SD=4,05$) је израженија него у 1. кластеру ($M=14,99$; $SD=6,02$) и у 2. кластеру ($M=27,42$; $SD=6,72$); $p<0,05$. Разлика у боји воде између 1. кластера ($M=14,99$; $SD=6,02$) и 2. кластера ($M=27,42$; $SD=6,72$) је значајна; $p<0,05$.

Разлике између кластера за мерно место Свође нису значајне по количини нитрита, рН вредности и алуминијуму; $p>0,05$.

У кластеру 1 се налази 24 (40,7%) мерења. Карактеристике овог кластера су ниске вредности мутноће, утрощка ХПК ($KMnO_4$), нитрата, нитрита, гвожђа, мангана, боје и алуминијума. Протицај воде у овом кластеру је мали ($4,022 \text{ m}^3/\text{s}$).

У кластеру 2 се налазе 32 (54,2%) мерења. Карактеристике овог кластера су просечне вредности већине параметара квалитета сирове површинске воде, ниже вредности амонијака и рН вредности, те високе вредности нитрита, нитрата и боје. Протицај воде у овом кластеру је велики ($10,157 \text{ m}^3/\text{s}$).

У кластеру 3 се налазе 3 (5,1%) мерења. Карактеристике овог кластера су просечне или ниске вредности параметара квалитета сирове површинске воде осим екстремно високе мутноће, те више вредности ХПК (KMnO_4), амонијака, гвожђа, мангана, рН вредности и боје. Протицај у овом кластеру је средњи ($6,522 \text{ m}^3/\text{s}$). Детаљна анализа трендова промене одабраних параметара квалитета сирове воде у односу на идентификоване кластере није рађена, обзиром да су кластер анализом добијени резултати који су слични резултатима дескриптивне статистике.

6.2.16 PCA анализа - Ниш

Да би се идентификовали заједнички фактори који утичу на квалитет сирове површинске воде, примењена је PCA анализа са *Varimax* ротацијом. Величина узорка од 1516 мерења је довољна за факторску анализу. Посматрано у апсолутном износу, већина аутора се слаже да је 200 мерења адекватна величина узорка (Costello & Osborne, 2005; Pearson & Mundform, 2010; Zwick & Velicer, 1986). Ако се посматра однос броја мерења и броја варијабли, величина узорка је такође адекватна, јер су препоруке да се тај однос креће око 10:1, што је у овом случају такође задовољено.

Јачина корелације између варијабли је проверавана путем матрице коефицијената (табела 6-36) корелације, израчунавањем *Kaiser-Meyer-Olkin* (KMO) мере адекватности и *Bartlett* тестом сферичности. *KMO* је статистика која указује на пропорцију варијансе варијабли која може бити узрокована латентним фактором (Ouyang, 2005). Вредности *KMO* статистике које су близу 1, указују да факторска анализа може бити корисна на датим подацима (Ouyang, 2005). *Bartlett*-овим тестом се проверава претпоставка да ли су варијансе из различитих узорка једнаке, односно да ли је варијанса у узорцима из различитих популација једнака (Jolliffe, 2002).

Табела 6-36 Матрице коефицијената корелације		
KMO и Bartlett тест		
Kaiser-Meyer-Olkin Measure of Sampling Adequacy.		0,529
Bartlett тест (SpH) вредности	Approx. Chi-Square	1518,607
	df	36
	p	0,000

KMO мера адекватности узорка, која износи 0,529 је мања од границе од 0,6, а *Bartlett*-ов тест сферичности показује да се нулта хипотеза може одбацити

($\chi^2(36)=1518,61$; $p=0,00$); што значи да су подаци адекватни за факторску анализу, тј. да постоји значајна корелација између варијабли.

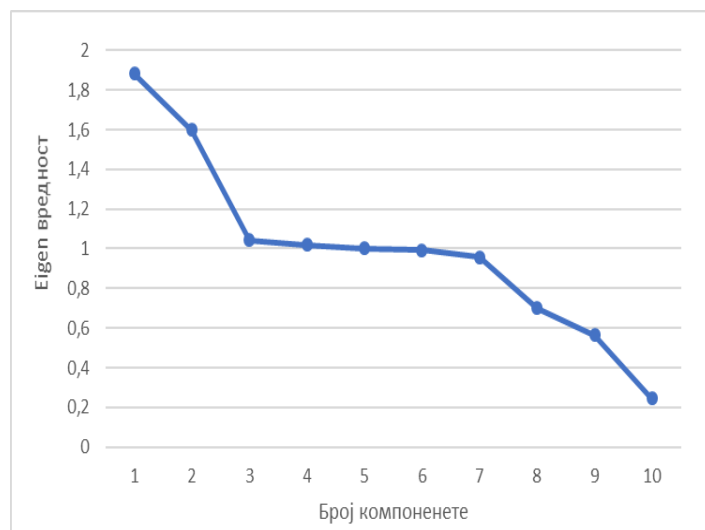
У матрици коефицијената корелације, нема много коефицијената који су изнад одређене границе од 0,3. Додатно, детерминанта матрице корелације износи 0,368. На основу урађене анализе може се донети закључак да су подаци делимично адекватни (50-80%) за факторску анализу. Латентне варијабле су идентификоване на основу Кајзеровог критеријума (табела 6-37) и *Scree* теста.

Првобитно је издвојено 4 фактора на основу *Eigen* вредности. Међутим, 4. компонента је имала *Eigen* вредности тачно 1 и утицала је на само један показатељ квалитета сирове површинске воде, због чега је фиксиран број фактора на 3.

Табела 6-37 Укупна објашњена варијанса

Компонента	Почетне <i>Eigen</i> вредности			Екстрахована сума квадрата оптерећења			Ротирана сума квадрата оптерећења		
	Укупно	%	Кумулативни %	Укупно	%	Кумулативни %	Укупно	%	Кумулативни %
		варијансе			варијансе			варијансе	
1	1,866	20,732	20,732	1,866	20,732	20,732	1,840	20,448	20,448
2	1,306	14,513	35,245	1,306	14,513	35,245	1,322	14,685	35,134
3	1,019	11,317	46,562	1,019	11,317	46,562	1,029	11,429	46,562
4	1,000	11,113	57,675						
5	,995	11,058	68,733						
6	,974	10,824	79,557						
7	,900	10,005	89,562						
8	,695	7,721	97,283						
9	,244	2,717	100,000						

По Кајзеровом критеријуму, све компоненте које имају *Eigen* вредност већу од 1 се прихватају као значајне. Табела показује да прва (1,87), друга (1,31) и трећа (1,02) компонента имају *Eigen* вредност (слика 6-71) већу од 1 и да онда заједно, након ротације објашњавају 46,56% варијансе мерења, што значи да ове три компоненте објашњавају 46,56% варијације показатеља квалитета сирове површинске воде, а 53,44% њихове варијације није објашњено.



Слика 6-71 Дијаграм прелома

Scree тест се врши на основу дијаграма прелома (енг. *Scree-plot*), тако што се пронађе преломна тачка полигона, тј. тачка у којој долази до драстичне промене динамике криве. Значајним се сматрају све компоненте које се налазе изнад преломне тачке (Živojinović и остали, 2013). На основу дијаграма очигледно је да крива нагло опада све до тачке 3, након чега се тај пад успорава, што оправдава избор 3 фактора. Из матрице добијене *Varimax* ротацијом (табела 6-38) види се да првом фактору припадају променљиве мутноћа воде, ХПК (KMnO₄) и БПК₅, где је овај фактор највише корелисан са варијаблом мутноћа воде. Други фактор максимално утиче на нитрате и нитрите, док трећем фактору припадају амонијак и манган.

Табела 6-38 Матрица ротираних компоненти

Параметар	Компонента		
	1	2	3
Мутноћа (NTU)	0,917		
ХПК (KMnO ₄) (mg/l)	0,901		
Амонијак (mg/l)			0,641
Нитрати (mg/l)		0,775	
Нитрити (mg/l)		0,746	
Гвожђе (mg/l)			
Манган (mg/l)			0,728
рН вредност			
БПК ₅ (mgO ₂ /l)	0,403	-0,339	

Из табеле 6-39 се види да ове три латентне варијабле значајно објашњавају варијабилитет мерења, што значи да су добри показатељи анализираног скупа параметара квалитета сирове површинске воде.

Табела 6-39 Утицај заједничког фактора на варијансу мера квалитета сирове површинске воде

Параметар	Екстраховани
Мутноћа (NTU)	0,847
ХПК (KMnO ₄) (mg/l)	0,820
Амонијак (mg/l)	0,423
Нитрати (mg/l)	0,624
Нитрити (mg/l)	0,560
Гвожђе (mg/l)	0,046
Манган (mg/l)	0,534
pH вредност	0,058
БПК ₅ (mg/l)	0,280

Четири мере квалитета сирове површинске воде су испод границе прихватљивости од 0,5. Осим што нема значајну корелацију ни са једним фактором, гвожђе, pH вредност и БПК₅ имају веома низак степен објашњености варијансе, због чега га у даљој анализи треба искључити из модела. У табели 6-40 је представљен опис издвојених фактора.

Табела 6-40 Дескриптивна статистика латентних варијабли

	M	SD	Минимум	Максимум
Фактор 1	-0,027	0,754	-1,319	13,520
Фактор 2	0,047	1,016	-6,552	17,375
Фактор 3	-0,012	0,759	-10,068	24,077

6.2.17 PCA анализа – Свође

Примена PCA анализе за мерно место Свође укључила је узорак од 1363 мерења, што је било адекватно за спровођење факторске анализе. С обзиром на однос броја мерења према броју варијабли, величина узорка је такође задовољавајућа, пошто препоруке указују на оптималан однос од око 10:1, што је у овом случају испоштовано. Јачина корелације међу варијаблама је проверена кроз матрицу коефицијената корелације (табела 6-41), као и израчунавањем *KMO* мере адекватности и *Bartlett*-овим тестом сферичности.

**Табела 6-41 Матрице коефицијента корелације
КМО и Bartlett тест**

Kaiser-Meyer-Olkin Measure of Sampling Adequacy.		0,788
Bartlett тест (SpH) вредности	Approx. Chi-Square	5217,870
	df	45
	p	0,000

КМО мера адекватности узорка, која износи 0,788 је већа од границе од 0,6, а Bartlett-ов тест сферичности показује да се нулта хипотеза може одбацити ($\chi^2(45)=5217,87$ $p=0,00$); што значи да су подаци адекватни за факторску анализу, тј. да постоји значајна корелација између варијабли.

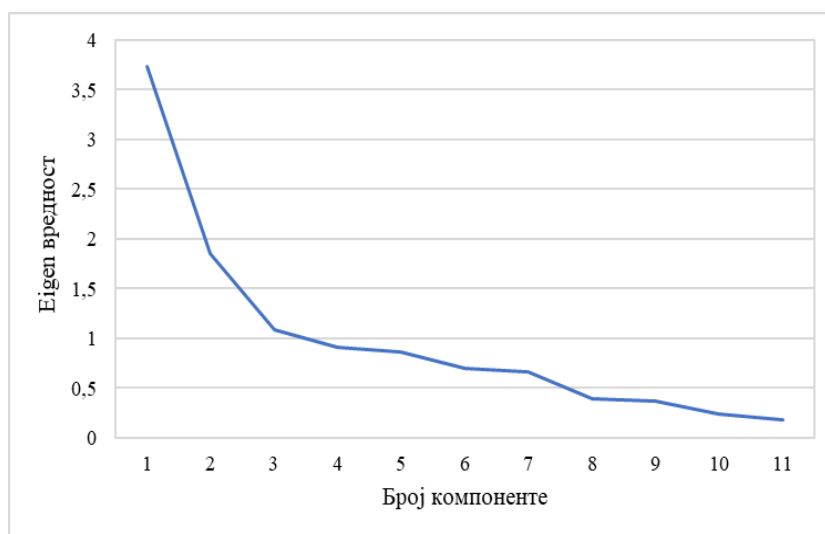
У матрици коефицијената корелације нема много коефицијената који су већи од 0,3, што је постављено као граница, детерминанта износи 0,027.

На основу урађене анализе може се донети закључак да су подаци адекватни за факторску анализу. Латентне варијабле су идентификоване на основу Кајзеровог критеријума (табела 6-42) и Scree теста.

Табела 6-42 Укупна објашњена варијанса

Компонента	Почетне Eigen вредности			Екстрахована сума квадрата оптерећења			Ротирана сума квадрата оптерећења		
	Укупно	% варијансе	Кумулативни %	Укупно	% варијансе	Кумулативни %	Укупно	% варијансе	Кумулативни %
1	3,732	37,318	37,318	3,732	37,318	37,318	3,652	36,520	36,520
2	1,434	14,341	51,659	1,434	14,341	51,659	1,503	15,029	51,549
3	1,077	10,775	62,433	1,077	10,775	62,433	1,088	10,885	62,433
4	,887	8,865	71,298						
5	,866	8,663	79,961						
6	,663	6,625	86,587						
7	,541	5,412	91,998						
8	,369	3,692	95,690						
9	,246	2,459	98,149						
10	,185	1,851	100,000						

По Кајзеровом критеријуму, све компоненте које имају *Eigen* вредност већу од 1 се прихватају као значајне. Табела 6-43 показује да прва (3,73), друга (1,43) и трећа (1,08) компонента имају *Eigen* (слика 6-72) вредност већу од 1 и да онда заједно, након ротације објашњавају 64,11% варијансе мерења.



Слика 6-72 Скри плот

Scree тест се врши на основу *Scree* дијаграма, тако што се пронађе преломна тачка полигона, тј. тачка у којој долази до драстичне промене динамике криве. Значајним се сматрају све компоненте које се налазе изнад преломне тачке. На основу дијаграма очигледно је да крива нагло опада све до тачке 4, након чега се тај пад успорава, што сугерише избор 4 фактора. Даља анализа је настављена са три фактора (табела 6-43).

Табела 6-43 Матрица ротираних компоненти

Параметар	Компонента		
	1	2	3
Мутноћа (NTU)	0,765		
ХПК (KMnO ₄) (mg/l)	0,887		
Амонијак (mg/l)			0,636
Нитрати (mg/l)		0,766	
Нитрити (mg/l)	0,307	0,309	
Гвожђе (mg/l)	0,884		
Манган (mg/l)	0,824		
рН вредност			0,758
Боја (°Pt - Со скале)	0,694		
Алуминијум (mg/l)		0,825	

Из матрице добијене *Varimax* ротацијом (табела 6-43) уочава се да првом фактору припадају променљиве мутноћа воде, ХПК (KMnO₄), гвожђе, манган и боја воде, где је овај фактор највише корелисан варијаблом ХПК (KMnO₄). Други фактор оптрећују

нитрати, нитрити и алуминијум, где постоји највећа повезаност са варијаблом алуминијум. Трећем фактору припадају амонијак и рН вредност са којим уједно постоји и највећи коефицијент корелације. Из табеле 6-44 се види да ове три латентне варијабле значајно објашњавању варијабилитет одговора, што значи да су добри показатељи анализираног скупа параметара квалитета сирове површинске воде.

Табела 6-44 Процентуални утицај заједничког фактора на варијансу мера квалитета сирове површинске воде

Параметар	Екстраховани
Мутноћа (NTU)	0,603
ХПК (mg/l)	0,788
Амонијак (mg/l)	0,518
Нитрати (mg/l)	0,672
Нитрити (mg/l)	0,247
Гвожђе (mg/l)	0,785
Манган (mg/l)	0,685
рН вредност	0,676
Боја (°Pt - Со скале)	0,560
Алуминијум (mg/l)	0,709

Једна мера квалитета сирове површинске воде је испод границе прихватљивости од 0,5. Осим што нема значајну корелацију ни са једним фактором, нитрити имају веома низак степен објашњености варијансе, због чега га у даљој анализи треба искључити из модела. У табели 6-45 је представљен опис издвојених фактора.

Табела 6-45 Дескриптивна статистика латентних варијабли

	М	SD	Минимум	Максимум
Фактор 1	-0,158	0,678	-3,261	5,287
Фактор 2	0,002	0,995	-4,812	3,735
Фактор 3	-0,004	1,029	-2,385	19,609

Статистичким анализама утврђене су значајне варијације у одређеним параметрима квалитета сирове површинске воде, као што су: мутноћа, нитрати, манган, и гвожђе. С друге стране, варијације у нивоима амонијака, нитрита, рН вредности и алуминијума показале су се као занемарљиве у контексту интензитета протицаја воде. Значајна корелација између интензитета протицаја и мутноће воде указује на потребу за пажљивим мониторингом овог параметра, као и за развојем метода предикције његових

промена ради проактивног управљања и оптимизације процеса третмана у циљу обезбеђивања одговарајућег квалитета воде у системима јавног водоснабдевања. Слично томе, забележене су значајне варијације у концентрацији нитрата у односу на интензитет протицаја воде. Вредност нитрата била је виша током максималног протицаја воде у поређењу са минималним и просечним интензитетом протицаја. Превише нитрата у водним телима може довести до еутрофикације, нарушавајући еколошку равнотежу и подстићући раст штетних алги (WHO, 1998). Додатно, вредност нитрата за време минималног протицаја била је нижа у поређењу са просечним интензитетом протицаја.

Вредност гвожђа у води показала је значајну разлику у зависности од интензитета протицаја воде. Конкретно, вредност гвожђа је била виша током максималног протицаја у поређењу са минималним и просечним интензитетом протицаја. Такође, вредност гвожђа током минималног протицаја била је нижа у поређењу са просечним интензитетом протицаја. У контексту вредности мангана, забележена је значајна разлика концентрације мангана у зависности од интензитета протицаја воде. Више вредности мангана у води могу изазвати промену боје, мириса или укуса у води (Wisconsin Department of Health Service, 2022).

6.3 Концепт мултимедијалне апликације за мониторинг водних ресурса

У оквиру предложеног истраживања, један од специфичних циљева укључује развој концепта мултимедијалне апликације која ће визуализовати резултате мониторинга водних ресурса за време екстремних хидролошких појава.

Тренутна пракса управљања квалитетом површинских вода у Републици Србији захтева побољшања у смислу предстојећих активности, укључујући законски поткрепљено праћење, редизајнирање и формирање интеркалибрационе мреже (у законодавном смислу). Основни циљ редизајнирања поменутог система мониторинга вода је да омогући ефикасну, поуздану и упоредиву евалуацију статуса квалитета површинских водних тела. Такође, признање значаја екорегиналног приступа је кључно за побољшано управљање прекограничним водотоцима и децентрализацију управљачких институција (Gosić и остали, 2008).

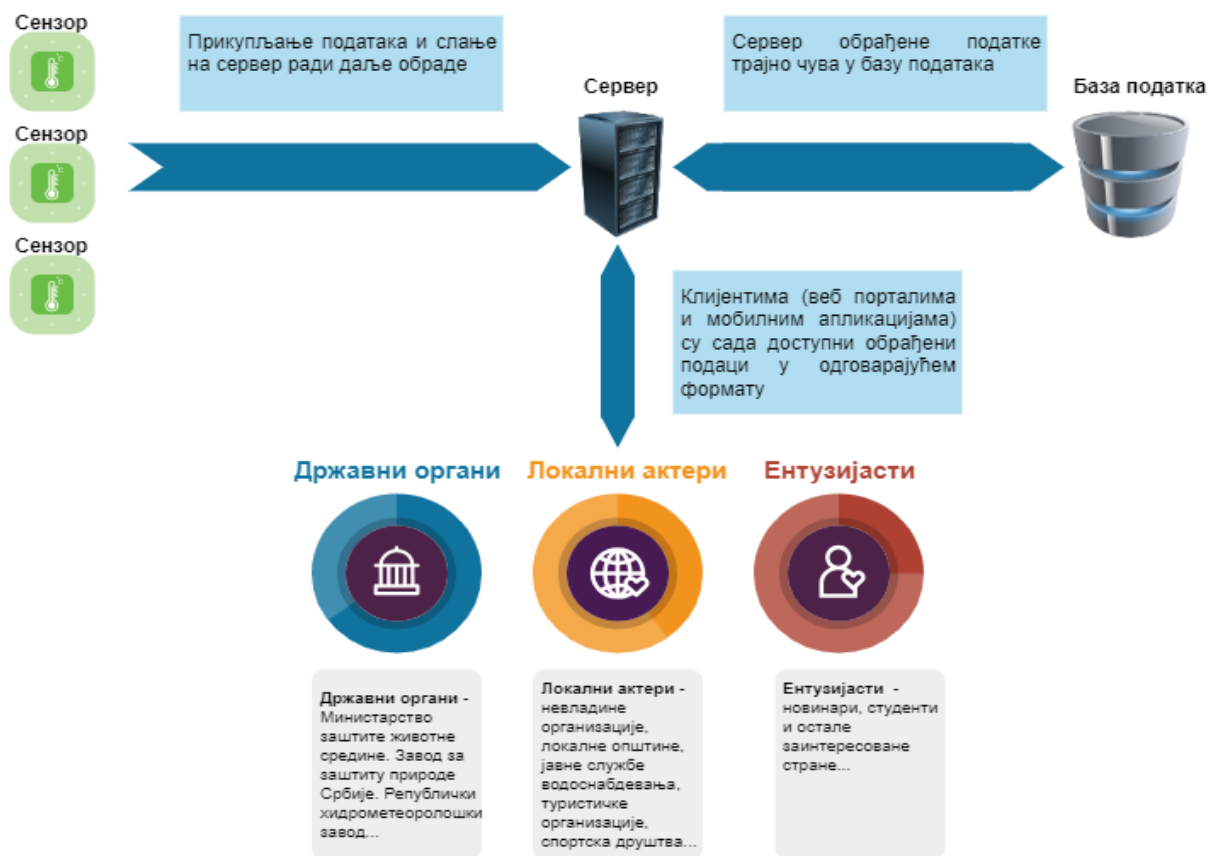
У претходном периоду забележене су значајне модификације у концепту система мониторинга животне средине, укључујући проширење мреже мерних станица,

повећања броја параметара који се прате, већом аутоматизацијом, имплементацију географских информационих система (ГИС), као и додавањем напредних платформи за визуелизацију података. Све већа заинтересованост јавности за очување животне средине и одрживи развој намеће потребу за широм дистрибуцијом информација из ових области према свим друштвеним групама. Постаје императив да се медијске услуге ефикасно интегришу у системе управљања животном средином. Концептуални развој у области управљања водним ресурсима све више истиче значај адаптивног мониторинга екосистема као кључне стратегије за очување животне средине, укључујући биодиверзитет (Vasović & Stanković, 2011).

Примарну одговорност за извођење оперативних задатака у контексту мониторинга квантитета и квалитета површинских вода у Републици Србији тренутно обављају Агенција за заштиту животне средине и Републички хидрометеоролошки завод. Ове институције координишу и спроводе мониторинг преко широке мреже коју чини 135 различитих мерних станица (SEPA, 2023b). Велики број ових станица је дизајниран по старијим стандардима. Већина анализа се спроводи кроз свакодневне процедуре узорковања, што захтева додатне људске ресурсе.

Садашњи систем мониторинга могао би се унапредити увођењем делимичне или потпуне аутоматизације у процесе тестирања, као и кроз стратешку селекцију релевантних индикатора и локација за спровођење анализа. Осим тога, постоје значајне могућности за унапређење процеса преноса података и генерисања извештаја, што би допринело развоју напредне инфраструктуре за надзор квалитета сирових површинских вода (слика 6-73). Овако унапређен систем за праћење квалитета сирових површинских вода које се користе за водоснабдевање, омогућио би ефикасно прикупљање, обраду и моделирање података, уз информисање заинтересованих страна. Систем за праћење био би структуриран тако да обухвата следеће компоненте:

- Аутоматизоване мерне станице намењене за мерење изабраних параметара квалитета сирове површинске воде,
- Преносне јединице,
- Специјализовани софтвер који омогућава комуникацију са мерним станицама, управљање базом података, обраду података, креирање модела за процену квалитета сирове површинске воде, интероперабилност са другим системима, израду извештаја, предвиђање трендова промена као и визуелизацију података.



Слика 6-73 Инфографик апликације

Како би се побољшала оперативност, посебно је стављен акценат на развој комуникационог модула са мерном станицом која би била задужена за прикупљање података. Мерна станица би била састављена од следећих компоненти:

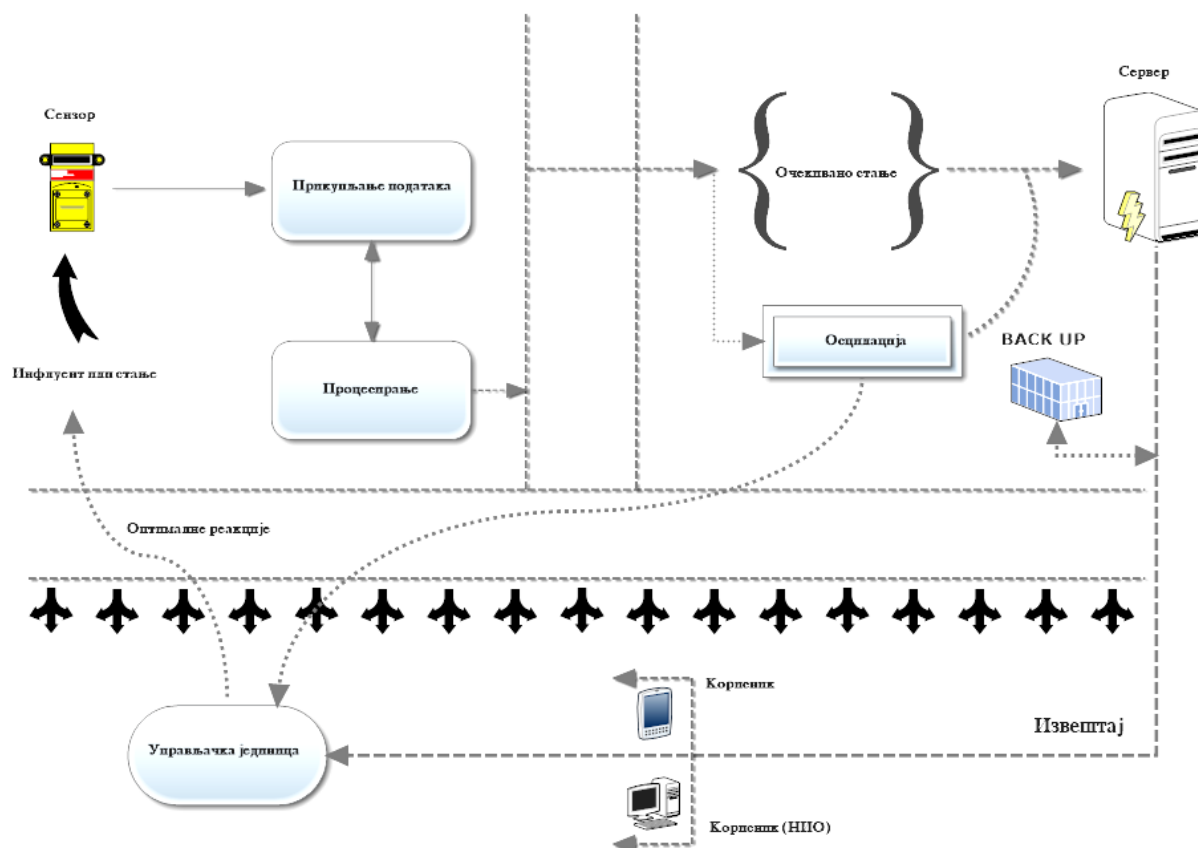
- Сензора типа предајника;
- Електронског модула за генерисање окидачких импулса под називом „захтев за узорковање мерних јединица у случајном тренутку“, који омогућава праћење изненадних и брзих промена мерних параметара;
- Електронског модула за складиштење података са интегрисаном батеријом;
- Комуникационог модема;
- Соларне јединице за пуњење.

Укључивањем даљинских мерних станица у инфраструктуру виртуелне приватне мреже, врши се процес интеграције истих у кохерентан систем. Специјализовани софтвер омогућава пренос сигнала из сензора у дигитални формат који је оптимизован за ефикасан пренос података и компатибилан је са различитим типовима мерних станица у оквиру система за мониторинг квалитета сирових површинских вода. Примарна функција серверског софтвера обухвата пријем мерних параметара са

критично важних локација (укључујући станице на рекама, језерима и водозахватима), те аутоматско генерисање извештаја који задовољавају прописане стандарде (Vasović & Stanković, 2011). Циљ механизма за усклађивање података јесте да омогући ефикасно деловање међу различитим информационим системима. Овај аспект је од изузетне важности за процес надзора параметара квалитета сирове површинске воде, узимајући у обзир разноликост информационих система који користе институције задужене за мониторинг квалитета вода. Механизам за усклађивање података може бити дизајниран тако да омогући комплетну сегрегацију приказа информација од базе података. Овај систем омогућава динамичку везу са различитим изворима информација и пружа могућност прилагођавања корисничког интерфејса у зависности од привилегија које поседују корисници.

У ситуацијама када дође до неочекиваних догађаја, нарочито оних изазваних екстремним хидролошким појавама, систем омогућава асинхрону акумулацију података са појединачних мерних станица или селективно активирање одређене станице. На тај начин, могуће је добити измерене податке са специфичних локација које су релевантне за дате услове, независно од њиховог уобичајеног распореда или фреквенције очитавања. Двосмерна асинхрона комуникација са појединачним мерним станицама, такође омогућава администраторима да на даљину реконфигуришу ове станице, без потребе за физичким приступом, чак и када су станице смештене у тешко доступним регионима покривеним телекомуникационим мрежама.

У централизованом постројењу за третман сирове воде, надлежно особље често мора да интервенише у условима који знатно одступају од пројектом предвиђених параметара рада, посебно у случајевима изазваних екстремним хидролошким појавама. Међутим, уместо традиционалног приступа где оператор реагује након што дође до одступања, савремени системи за третман сирове воде усмеравају се ка концепту „предвиди и спречи“ (енг. *predict and prevent*). Овај приступ се ослања на предвиђање варијација улазних параметара, посебно у контексту екстремних хидролошких појава, чиме се омогућава проактивно управљање процесом. Као кључни део овог приступа, модерни мерно-информациони системи укључују модуле за управљање подацима, уз интеграцију напредних алгоритама машинског учења, који налазе све ширу примену у управљању квалитетом воде (Yan и остали, 2024; Zhu и остали, 2022). Структура оваквог система, као и ток преноса података од мерних станица до крајњих корисника, приказана је на слици 6-74.



Слика 6-74 Унапређени систем за праћење квалитета површинских вода
(аутор, засновано према: Vasović & Stanković, 2011)

У Републици Србији је већина сливних подручја суочена са озбиљним загађењем и ерозивним процесима, који су последица масовне деградације животне средине услед неконтролисаних људских активности и непланске урбанизације. Услед тога, дошло је до пораста изазова у управљању водним ресурсима, посебно у контексту јавног водоснабдевања, што наглашава потребу за ефикасним управљањем квалитетом сирове површинске воде у циљу ублажавања ових негативних ефеката. Успешно спроведен програм мониторинга екосистема омогућава детаљну анализу стања екосистема и његове међузависности са друштвено-економским процесима. Ове анализе служе као основа за развој система подршке у доношењу одлука у управљању квалитетом сирове воде у заштићеним подручјима. Планиране активности могу обухватити следеће мере:

- Интеграцију система за праћење квалитета сирове површинске воде у информациони систем Завода за заштиту природе Србије, као и других релевантних институција;
- Развој модула који подржава тимски рад;
- Развој модула за подршку доношењу одлука заснованих на знању.

Овакав приступ допринеће бољој координацији између институција и ефикаснијем управљању квалитетом водних ресурса.

Комплексни динамички системи, попут јавних водоводних система, који укључују велики број међусобно повезаних процеса, обично су подложни благим осцилацијама параметара процеса. Управљање одступањима од жељених параметара процеса често је основни мотив за имплементацију мерно-информационих система (Gocić & Trajković, 2008). Појам контроле процеса у овим системима може се прецизније дефинисати као скуп активности које омогућавају управљање целокупним постројењем, или појединачним процесима унутар њега, с циљем постизања задатих параметара (најчешће захтеваног степена пречишћавања) упркос честим и временски променљивим осцилацијама квалитативних и квантитативних својстава сирове воде. Примена савремених мерно-информационих система такође игра значајну улогу у одређивању репрезентативних узорака, како у погледу локације тако и времена узорковања, чиме се минимизира могућност појаве грешака у мерном процесу (Vasović & Stanković, 2011).

Основни аргументи који подржавају широку примену мерно-информационих система у централизованим системима за третман сирове површинске воде огледају се у следећем:

- Прикупљање података у реалном времену данас не представљају хардверски, а ни финансијски изазов као некада;
- Олакшано организовање података и могућност креирања динамичких и предиктивних модела за праћење квалитета воде;
- Повећање ефикасности процеса третмана воде уз истовремено смањење оперативних трошкова;
- Могућност проширења примене мерно-информационих система на превентивне мере, посебно у случајевима изненадних хидролошких промена;
- Иновативни карактер ових система омогућава могућност субвенционисања, што представља значајан економски подстицај за њихову имплементацију.

С обзиром на напредан ниво савремених система за прикупљање података, може се закључити да ће будући развој ових система бити првенствено усмерен на унапређење предиктивних модела. Ови системи морају бити фокусирани на праћење репрезентативних параметара процеса, који су кључни за ефикасно управљање и оптимизацију третмана сирове воде.

За успешан развој апликације, неопходно је детаљно анализирати релевантну литературу и прикупити податке о најсавременијим методама за мониторинг екстремних хидролошких појава. Поред тога, треба истражити технологије и алате за визуелизацију података, као и омогућити адаптацију апликације различитим платформама и уређајима. Препоручује се и укључивање експерата из области хидрологије и мултимедијалних технологија у процес развоја, како би се обезбедила прецизност података и функционалност апликације. Такође би било корисно развити бета верзију апликације и спровести тестирање са циљном групом корисника, како би се на основу повратних информација побољшале функционалности пре званичног лансирања. Поред тога, од кључне је важности осигурати да се сви подаци коришћени у апликацији прикупљају у складу са важећим законским прописима о заштити приватности и да се њихова обрада врши на етички прихватљив начин. Уколико се ове препоруке адекватно примене, могуће је развој квалитетне мултимедијалне апликације која ће на адекватан начин илустровати резултате мониторинга водних ресурса током екстремних хидролошких појава.

Оваква мултимедијална апликација била би од велике користи за све заинтересоване стране које се баве управљањем водним ресурсима и ризицима од природних катастрофа, као и за ширу јавност која жели да прати кретање и квалитет водних ресурса у реалном времену. Коришћење такве апликације може значајно побољшати ефикасност и брзину реакције у случају екстремних хидролошких појава и унапредити систем рада односно благовремену оптимизацију јединичних операција на постројењу за третман воде за пиће.

7 ЗАКЉУЧНА РАЗМАТРАЊА И ПРАВЦИ ДАЉИХ ИСТРАЖИВАЊА

Циљ ове докторске дисертације је развој модела одрживог управљања водним ресурсима у условима екстремних хидролошких појава, са посебним фокусом на сирове површинске воде које се користе за добијања финалне воде за водоснабдевање. Истраживање је примењено на примерима ЈКП „Naissus“ из Ниша на мерном месту Ниш, као и ЈКП „Водовод“ из Власотинца на мерном месту Свође и обухватило је приказ и анализу динамике промена у квалитету сирових површинских вода приликом екстремних хидролошких појава, њиховом утицају, као и начину руковођења системима водоснабдевања у датим околностима. Примена развијеног модела нарочито је погодна за водозахвате који су лоцирани директно у кориту реке, где се водозахватање врши директно из речних токова. У таквим условима, промене запреминског протицаја воде који се јављају приликом екстремних хидролошких појава, имају директан утицај на квалитет сирове воде, што наглашава важност примене одрживих приступа управљању како би се осигурао континуитет и безбедност водоснабдевања.

Посебно је значајан допринос дисертације у разумевању нивоа организованости и перформанси ЈКП-а у сектору водоснабдевања, конкретно за примере ЈКП „Naissus“ Ниш и ЈКП „Водовод“ Власотинце. Применом методе процесних функција, функције оба ЈКП-а су оцењене на основу различитих аспеката њиховог рада, анализирани су појединачни послови и процесне функције, и добијени су важни увиди у њихову структуру и функционисање. На посматраном примеру ЈКП „Naissus“, закључено је да ниво организованости у овом предузећу показује добар степен уређења организационе структуре и организационе ефикасности. Ипак, идентификовани су послови који захтевају додатна унапређења и фокус на процесним функцијама као што су:

- планирање,
- одлучивање,
- усклађивање,
- организовање и
- извођење.

Ово пре свега важи за послове који су, према табели 6-1, оцењени нижим оценама од просечних. У овом случају то су послови са ознакама „1“, „2“, „4“, „5“, „6“, „11“, „13“, „14“, „15“, „16“, „17“, „21“, „30“, „31“ и „33“. На основу анализе средње вредности оцена процесних функција, долази се до сазнања које процесне функције захтевају значајне измене или унапређења. Рангирање процесних функција и послова

пружило је информације о подручјима у којима је потребно посветити додатну пажњу и ресурсе.

За ЈКП „Водовод“ из Власотинца резултати примене методе процесних функција су показали да је и ово јавно комунално предузеће организовано на просечном нивоу, с обзиром на средњу оцену послова. Међутим, и овде постоје послови који захтевају унапређење, а процесне функције које могу додатно бити побољшане су:

- планирање,
- одлучивање и
- организовање.

Овај закључак примењује се пре свега на послове који су оцењени нижим оценама од просечне оцене, приказаним у табели 6-10 а у овом случају су то послови обележени са „2“, „3“, „9“, „12“, „15“, „16“, „19“, „23“, „24“ и „26“.

За оба ЈКП-а, анализом резултата методе процесних функција и рангирањем послова и процесних функција, закључује се важност управљачких функција у обезбеђивању одговарајућег обима података о квалитету сирове површинске воде, могућностима моделирања и оптимизацији процеса третмана. Примењена метода је нагласила неопходност постојања стручних и одговорних особа, ангажованих за управљање водоснабдевањем и континуирану ефикасност и одрживост система. Потребно је прихватити резултате анализе са критичким ставом, узимајући у обзир различита мишљења и ставове стручњака. Комплекснија анализа појединачних процесних функција и послова могла би обезбедити детаљнији увид у посматрани проблем. Резултати примене ове методе наглашавају да је стручност и ангажованост одговорних особа, кључни фактор у постизању напреднијих резултата. Недостатак одговарајућих људских ресурса, одговорних за управљање малим и великим постројењима за снабдевање водом за пиће, може представљати препреку за значајно побољшање ефикасности и одрживости система. Приликом прикупљања и анализе података, закључено је и да законски оквир и политике могу утицати на доступност података, као и на могућност имплементације одлука донетих на основу модела. Поред тога, финансијска средства доступна за моделирање и управљање водним ресурсима могу ограничити избор метода и примену алата, док социјалне и културне норме могу утицати на начин на који се модели користе и на њихову прихватљивост међу људима.

На основу представљених података и статистичких анализа закључује се да је квалитет сирове површинске воде која се користи за водоснабдевање, као и њен квантитет, од суштинске важности за ефикасно и одрживо управљање водним

ресурсима у контексту водоснабдевања. Примењене методе статистичке анализе, као што су дескриптивна статистика, једнофакторска анализа варијансе (ANOVA), регресиона анализа, кластер и PCA анализа, омогућиле су детаљно испитивање утицаја запреминског протицаја на квалитет сирове површинске воде. Испитани параметри квалитета воде обухватали су: мутноћу, концентрацију ХПК (KMnO_4), амонијака, нитрата, нитрита, гвожђа, мангана, рН вредност, БПК₅, алуминијум и боју воде.

Анализом запреминских протицаја и одабраних параметара квалитета сирових површинских вода у периоду од 2014. до 2018. године на примеру ЈКП „Водовод“ из Власотинца и ЈКП „Naissus“ из Ниша, утврђено је да постоје значајне варијације у параметрима квалитета сирове површинске воде на оба посматрана мерна места. Варијације су уочене у целокупном скупу података, било да су узете у обзир екстремне вредности у протицају воде или не, што потврђује основну хипотезу истраживања да екстремне хидролошке појаве могу значајно утицати на квалитет сирових површинских вода које служе за добијање финалне воде за пиће. Вредности параметара квалитета сирове воде, за извориште „Медијана“, код којих су идентификоване значајне разлике у зависности од интензитета протицаја воде приликом екстремних хидролошких појава су следећи:

- мутноћа (NTU),
- ХПК (KMnO_4) (mg/l),
- нитрати (mg/l),
- гвожђе (mg/l),
- БПК₅ (mgO_2/l).

За исто извориште, у анализираном периоду, вредности параметара квалитета сирове воде код којих су запажене мале или занемарљиве варијације у односу на интензитет протицаја воде приликом екстремних хидролошких појава су:

- амонијак (mg/l),
- нитрити (mg/l),
- манган (mg/l),
- рН вредност.

Вредности параметара квалитета сирове воде, за извориште „Власина“, код којих су идентификоване значајне разлике у зависности од интензитета протицаја воде приликом екстремних хидролошких појава су следећи:

- мутноћа (NTU),
- ХПК (KMnO_4) (mg/l),

- нитрати (mg/l),
- гвожђе (mg/l).

Посебно је важно истаћи значај варијација мутноће воде у односу на интензитет протицаја приликом екстремних хидролошких појава. Високе вредности мутноће воде током максималног протицаја могу представљати велике изазове у малим водоводним системима, какав је случај са ЈКП „Водовод“ у Власотинцу када, услед повећања мутноће воде, долази до прекида водоснабдевања корисника. У таквим ситуацијама се јављају изазови у процесима таложења и дезинфекције, што додатно отежава ефикасно уклањање патогених микроорганизама. Овим ставом су доказане помоћне хипотезе које се односе на утицај екстремних хидролошких појава на управљање и функционисање система за прераду воде за пиће.

За исто извориште, у анализираном периоду, вредности параметара квалитета сирове воде код којих су запажене мале или занемарљиве варијације у односу на интензитет протицаја воде приликом екстремних хидролошких појава су:

- амонијак (mg/l),
- нитрити (mg/l),
- манган (mg/l),
- рН вредност,
- алуминијум (mg/l).

Добијени резултати, такође, потврђују тврдњу да је потребно унапредити постојеће системе за пречишћавање сирове површинске воде која се користи као финална вода за водоснабдевање како би се осигурао стабилан квалитет и континуитет у дистрибуирању воде за пиће током екстремних хидролошких појава. Овај модел се базира на предиктивним анализама података о протицају и параметрима квалитета сирове површинске воде, што омогућава правовремено доношење одлука о прилагођавању технологија за прераду воде. Иако су неки параметри (мутноће, концентрацију гвожђа и мангана) квалитета сирове површинске воде показали јасну зависност од промене запреминског протицаја, истраживање је указало на то да одређени параметри (рН вредност, концентрација амонијака и нитрита) остају релативно стабилни у већини случајева. То указује да запремински протицај нема доминантну улогу у варијацијама тих параметара. Стога је неопходно да будућа истраживања буду усмерена на испитивање процеса који утичу на промене ових параметара квалитета сирове воде, посебно у узводним деловима сливних подручја, где

се могу налазити кључни фактори који утичу на квалитет воде, а који нису директно везани за протицај.

У контексту основног циља докторске дисертације, може се закључити да је он остварен кроз развој савременог модела управљања водним ресурсима, првенствено у области јавног водоснабдевања. Овај модел је конкретно примењив на водозахвате сирове воде који су смештени у коритима река, чиме је значајно допринео побољшању управљања водним ресурсима у овом сектору. Развијени модел, са својом предиктивном компонентом, пружа поуздану основу за оптимизацију технолошких процеса прераде воде за пиће у случају екстремних хидролошких појава, доприносећи сигурности и одрживости водоснабдевања. Примена овог модела у будућности може значајно унапредити управљање водним ресурсима у условима све чешћих екстремних климатских догађаја.

Примењене статистичке анализе су одиграле кључну улогу у пружању детаљних описа и квантитативној анализи узрочно-последичних веза у контексту утицаја екстремних хидролошких појава на квалитет сирове површинске воде, при чему је омогућена детекција потенцијалних решења за идентификоване изазове, у форми креираних једначина регресионе анализе које представљају основу за стварање унапређених предиктивних модела и у крајњој инстанци омогућавање примене алгоритама машинског учења за потребе оптимизације процеса третмана сирове воде. Укратко, резултати реализованих статистичких анализа представљају значајан допринос разумевању веза између интензитета протицаја и динамике промена одабраних параметара квалитета сирове површинске воде. Ово има значајне импликације за управљање водним ресурсима и осталим елементима животне средине, што представља важан научни напредак у истраживању ове области. Приказани резултати обавезују да будућа истраживања идентификују додатне параметре и мере, како би се добио комплекснији увид и подржало одрживо управљање водоснабдевањем и очувањем животне средине. Будућа истраживања треба да се фокусирају на даљи развој овог модела и његову примену на различитим сливним подручјима, као и на интеграцију нових технологија за мониторинг водних ресурса. Ово ће омогућити боље разумевање ефеката климатских промена и допринети дугорочној одрживости система за водоснабдевање.

Узимајући у обзир обавезне домаће стандарде и регулативе, као и хидролошке посебности локалитета, ово истраживање пружа важан допринос у области водоснабдевања и квалитета вода. Сprovedено истраживање је битно за унапређење

научног разумевања динамике водних ресурса, при чему су добијени резултати основа за развој одрживих стратегија управљања водним ресурсима и унапређење ефикасности водоснабдевања у контексту промена климе и других изазова. Као закључак, ова дисертација пружа значајан увид у организационе перформансе ЈКП у сектору водоснабдевања и отвара пут за даља истраживања у области управљања водоснабдевањем, са фокусом на унапређењу процеса и одрживости система.

Ова докторска дисертација потврђује да процес моделирања компоненти квалитета сирове воде у систему јавног водоснабдевања зависи од доступности и квалитета података које се користе у процесу моделирања, почевши од организације система мониторинга, па све до креирања извештаја који могу да служе као основа за напредна истраживања. У том смислу, коришћење комбинације различитих метода моделирања може пружити детаљнији увид у сложену проблематику управљања водним ресурсима. Такође, наглашава се важност интеграције различитих перспектива у процес моделирања. Нове праксе морају бити вођене практичним разумевањем разноврсности одлука и информација које се узимају у обзир приликом њиховог доношења. Укључивање свих заинтересованих страна (истраживача, практичара, доносиоца одлука и др.) у процес моделирања квалитета сирове воде је од кључне важности за његову примену.

ЛИТЕРАТУРА

1. Бига, Д., Стошић, М., Милићевић, Ј., Миловановић, А., Мишковић, Д., Ломић, Г., Гавриловић, А., Добричић, М., & Добричић, Д. (2014). *План генералне регулације Власотинца—Нацрт плана*. Општинска управа општине Власотинце. http://www.vlasotince.org.rs/portal/images/stories/Dokumenta/2015/urbanizam/PGR_VLASOTINCE.pdf
2. Булатовић, А., & Станковски, Ј. (2012). *Бронзано доба у басену Јужне Мораве и у долини Пчиње*. Археолошки институт. https://www.academia.edu/1823992/The_Bronze_Age_in_South_Morava_Basin_and_Pcinja_Valley_Cyrilic_
3. Васовић, Д. (2016). *Хибридни модел управљања капацитетом животне средине*. Универзитет у Нишу.
4. ВРС. (2014). *План управљања водама за слив реке Дунав*. Институт за водопривреду „Јарослав Черни“. <https://rdvode.gov.rs/doc/dokumenta/javne-rasprave/plan%20dunav.pdf>
5. Гвозденац, Д., Гвозденац-Урошевић, Б., & Морвај, З. (2012). *Енергетска ефикасност—Индустрија и зградарство*. Факултет техничких наука, Универзитет у Новом Саду.
6. Дивац, Д. (2022). *Институт за водопривреду „Јарослав Черни“: 1947-2022*. Институт за водопривреду „Јарослав Черни“.
7. Димкић, Д., Бабаљ, М., & Анђелковић, А. (2021). *Довођење воде у НИВОС из акумулације „Завој“*. 42. Међународна конференција „Водовод и канализација '21“, Врњачка бања. <https://unilib.phaidrabg.rs/open/o:884>
8. ИВ „Јарослав Черни“. (2001). *Водопривредна основа Републике Србије*. Институт за водопривреду „Јарослав Черни“. https://www.srbijavode.rs/images/dokumenti/vodoprivredna_osnova_republike_srbije.pdf
9. Институт за водопривреду „Јарослав Черни“. (2017). *Елаборат о резервама подземних вода изворишта „Медиана“*. ЈКП „Naissus“ Ниш.
10. Јаковљевић, В. (2006). *Систем цивилне одбране*. Факултет цивилне одбране.
11. ЈКП „Водовод“ Власотинце. (2023). *Историјат водоснабдевања Власотинца. ЈКП „ВОДОВОД“ Власотинце*. <https://jkpvodovodvlasotince.com/o-нама/istorijat-vodosnabdevanja-vlasotinca/>

12. ЈКП „Наиссус“ Ниш. (2019). *Правилник о организацији и систематизацији послова у јавном комуналном предузећу за водовод и канализацију „Наиссус“ Ниш.*
13. Јолџић, В. (2011). *Еколошко-правна заштита као развојно променљива: Теоријско-практички приступ.* Институт за криминолошка и социолошка истраживања.
14. Кахаровић, Е. (2012). *Управљање перформансама пословних процеса у функцији повећања ефикасности предузећа* [Универзитет у Нишу, Економски факултет]. <https://nardus.mpn.gov.rs/bitstream/handle/123456789/3857/Disertacija.pdf>
15. Кнежевић, Т. (2022). *Извештај о здравственој исправности воде за пиће јавних водовода и водних објеката у Републици Србији за 2021. Годину.* Институт за јавно здравље Србије „Др Милан Јовановић Батут”. <https://www.batut.org.rs/download/izvestaji/higijena/Godisnji%20vode%20za%20pice%202021.pdf>
16. Луковац, В., Памучар, Д., & Милетић, А. (2015). Примјена методе процесних функција за процјену нивоа организованости заштите од пожара и експлозија. *Ризик и безбедносни инжењеринг - Зборник радова*, 148–155. <http://www.rizik.vtsns.edu.rs/wp-content/uploads/2015/10/ZBORNIK-RIZIK-I-BEZBEDNOSNI-INZENJERING-2015.pdf>
17. МГСИ. (2021). *Просторни план Републике Србије од 2021. До 2035. Године.* <https://www.mgsi.gov.rs/sites/default/files/PPRS%20Nacrt.pdf>
18. МГСИ. (2022). *Извештај о обављању комуналних делатности на територији Републике Србије у 2021. Години М.* Министарство грађевинарства, саобраћаја и инфраструктуре. <https://www.mgsi.gov.rs/cir/dokumenti/izveshtaji-o-obavljanju-komunalnih-delatnosti>
19. Мушицки, С. (2016). *Интегративни модел унапређења заштите ресурса у министарству одбране и војсци србије.* Војна академија.
20. *Национална стратегија одрживог коришћења природних ресурса и добара*, „Службени гласник РС“, бр. 33/2012. (2012). Службени гласник. https://www.zzps.rs/wp/pdf/S_prirodnih%20resursa.pdf?script=lat
21. Општина Власотинце. (2023а). О Власотинцу. *Општина Власотинце.* <https://vlasotince.rs/o-vlasotincu/>
22. Општина Власотинце. (2023б). Природа. *Општина Власотинце.* <https://vlasotince.rs/priroda/>

23. Остојић, Г. Д. (2016). *Контрола ресурса пијаће воде кроз извор регионалних сукоба*. Универзитет у Београду, Факултет безбедности.
24. Петровић, С., Петровић, М., Ђуровић, Д., & Миловановић, Р. (2011). *План развоја туризма општине Власотинце*. Општина Власотинце.
25. Радовић, Ф., & Вељковић, Н. (2015). *Статус површинских вода Србије, Анализе и елементи за пројектовање мониторинга*.
26. Раткнић, Т. (2022). *Нацрт Стратегије утицаја климатских промена на интеракцију екосистемских услуга у коришћењу и управљању шумским ресурсима Београда*. Институт за шумарство, Београд.
https://www.beograd.rs/images/file/0ddd2257b267f9c64340121a9f25b219_4965924753.pdf
27. Републичка дирекција за воде. (2023a). *Оквирна директива о водама—Републичка дирекција за воде*. <https://rdvode.gov.rs/okvirna-direktiva-o-vodama.php>
28. Републичка дирекција за воде. (2023b). *Организација – Републичка дирекција за воде*. <https://rdvode.gov.rs/lat/organizacija.php>
29. Републички хидрометеоролошки завод. (2022). *Светски метеоролошки дан и Светски дан вода—2022*. Год.
https://www.hidmet.gov.rs/ciril/orhmrz/novosti_arhiva.php
30. РЗС. (2021). *Општине и региони у Републици Србији, 2021*. Републички завод за статистику. <https://publikacije.stat.gov.rs/G2021/pdf/G202113048.pdf>
31. РЗС. (2022). *Попис становништва, домаћинстава и станова—Попис 2022*. <https://publikacije.stat.gov.rs/G2022/Html/G20221350.html>
32. РХМЗ. (2023). *Хидрологија*. <https://www.hidmet.gov.rs/latin/hidrologija/index.php>
33. Савезни геолошки завод. (1973). *Тумач основне геолошке карте Р 1:100 000 за лист Ниш, К 34-32*. Савезни геолошки завод.
34. САНУ. (2022). *Мултидисциплинарне конференције “Карст 2022: Значај, стање и перспективе коришћења и заштите ресурса у карсту”*. Српска академија наука и уметности. <https://www.sanu.ac.rs/wp-content/uploads/2022/10/SANU-KARST2022.pdf>
35. СГН. (2020). *План развоја града Ниша за период од 2021. До 2027. Године*. <https://investnis.rs/wp-content/uploads/2021/04/Plan-razvoja-GN-za-period-2021-2027.pdf>

36. „Сл. гласник РС“, бр. 3/2017. (2017). *Стратегија управљања водама на територији Републике Србије до 2034. Године*. <http://www.paragraf.rs/propisi/strategija-upravljanja-vodama-u-srbiji-do-2034.html>
37. „Сл. гласник РС“, бр. 50/2012. (2012). *Уредба о граничним вредностима загађујућих материја у површинским и подземним водама и седименту и роковима за њихово достизање*. <http://www.paragraf.rs/propisi/uredba-granicnim-vrednostima-zagadjujucih-materija-vodama.html>
38. „Сл. гласник РС“, бр. 72/2023. (2023). *Правилник о утврђивању водних тела површинских и подземних вода*. <https://www.pravno-informacioni-sistem.rs/SlGlasnikPortal/eli/rep/sgrs/ministarstva/pravilnik/2023/72/4>
39. „Сл. гласник РС“, бр. 74/2011. (2011). *Правилник о параметрима еколошког и хемијског статуса површинских вода и параметрима хемијског и квантитативног статуса подземних вода: 74/2011-31*. <https://www.pravno-informacioni-sistem.rs/SlGlasnikPortal/eli/rep/sgrs/ministarstva/pravilnik/2011/74/4/reg>
40. „Сл. гласник РС“, бр. 95/2018. (2018). *Закон о водама („Сл. Гласник РС“, бр. 30/2010, 93/2012, 101/2016, 95/2018 и 95/2018—Др. Закон)*. https://www.paragraf.rs/propisi/zakon_o_vodama.html
41. „Сл. гласник РС“, бр. 96/10. (2010). *Правилник о утврђивању водних тела површинских и подземних вода: 96/2010-30*. <https://www.pravno-informacioni-sistem.rs/SlGlasnikPortal/eli/rep/sgrs/ministarstva/pravilnik/2010/96/2>
42. СОВ. (2021). *План развоја општине Власотинце 2022—2029*. Скупштина општине Власотинце. <https://vlasotince.rs/wp-content/uploads/2022/02/Plan-Razvoja-opstine-Vlasotince-2022-2029.pdf>
43. Србијаводе. (2023а). *Србијаводе—Закони и прописи које ЈВП „Србијаводе“ примењује у обављању делатности*. <https://www.srbijavode.rs/zakoni-i-propisi.html>
44. Србијаводе. (2023б). *Србијаводе—Управљање водама*. <https://www.srbijavode.rs/upravljanje-vodama.html>
45. Стевић Гојков, З. Н. (2018). Једнака доступност и остваривост права на безбедну и квалитетну воду за пиће—Индикатор одрживог развоја. *Техника - Квалитет ИМС, стандардизација и метрологија*, 18, 594–599. <https://doi.org/10.5937/tehnika1804594S>
46. Стојановић, М., Васовић, Д., & Милтојевић, А. (2021). *Вода и њена заштита*. Факултет заштите на раду у Нишу.

47. Agbaba, J., Dalmacija, B., Bečelić-Tomin, M., & Tubić, A. (2014). *Kvalitet vode za piće*. Prirodno-matematički fakultet, Departman za hemiju, biohemiju i zaštitu životne sredine.
48. AGI. (2014). *Water Availability*. American Geosciences Institute. <https://www.americangeosciences.org/critical-issues/water-availability>
49. Amidžić, L. (2021). *Održivo upravljanje vodnim resursima*. Univerzitet Singidunum.
50. Aquastat. (2019). *Aquastat—FAO's Information System on Water and Agriculture* [Dataset]. <https://web.archive.org/web/20190320163309/http://www.fao.org/80/nr/water/aquastat/main/index.stm>
51. Asian Development Bank. (2013). *Water Utility Asset Management: A Guide for Development Practitioners*.
52. AWWA. (1999). *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater*. https://beta-static.fishersci.com/content/dam/fishersci/en_US/documents/programs/scientific/technical-documents/white-papers/apha-water-testing-standard-methods-introduction-white-paper.pdf
53. Badham, J., Elsworth, S., Guillaume, J. H. A., Hamilton, S. H., Hunt, R. J., Jakeman, A. J., Pierce, S. A., Snow, V. O., Babbar-Sebens, M., Fu, B., Gober, P., Hill, M. C., Iwanaga, T., Loucks, D. P., Merritt, W. S., Peckham, S. D., Richmond, A. K., Zare, F., Ames, D., & Bammer, G. (2019). Effective modeling for Integrated Water Resource Management: A guide to contextual practices by phases and steps and future opportunities. *Environmental Modelling & Software*, 116, 40–56. <https://doi.org/10.1016/j.envsoft.2019.02.013>
54. Bajrami, S., Katancevic, V., & Projovic, D. (2017). Bezbednost vode u 21. Veku. *Vojno Delo*, 69(1), 127–152. <https://doi.org/10.5937/vojdelo1701127B>
55. BAMS. (2013). *Explaining Extreme Events of 2013 from a Climate Perspective*. <https://www.ametsoc.org/index.cfm/ams/publications/bulletin-of-the-american-meteorological-society-bams/explaining-extreme-events-of-2013-from-a-climate-perspective/>
56. Barraqué, B., & Bris, C. L. (2007). *Water Sector Regulation in France*.
57. Benjamin, M. (2002). *Water Chemistry*. <https://easypdfs.cloud/downloads/4891002-water-chemistry-mark-benjamin2002>

58. Bennich, A., Engwall, M., & Nilsson, D. (2023). Operating in the shadowland: Why water utilities fail to manage decaying infrastructure. *Utilities Policy*, 82, 101557. <https://doi.org/10.1016/j.jup.2023.101557>
59. Bogdanović, P., Petrović, M., & Petrović, N. (2023). *Vodovodi u Srbiji 2015-2019. Godine—UTVSI*. <https://utvsi.com/vodovodi-u-srbiji-2015-2019-godine/>
60. Brankovic, S., & Trajkovic, S. (2007). The Nišava river water quality as the indicator of the sustainable development of the city of Niš. *Spatium*, 2007, 80–84. <https://doi.org/10.2298/SPAT0716080B>
61. Brankovic, S., Trajkovic, S., & Milan, G. (2009). *Quality analysis of the Nisava river water downstream of the Sicevo gorge*.
62. Bridgewater, L. L., Baird, R. B., Eaton, A. D., Rice, E. W., American Public Health Association, American Water Works Association, & Water Environment Federation (Yp.). (2017). *Standard methods for the examination of water and wastewater* (23rd edition). American Public Health Association.
63. Bryndal, T. (2015). Local flash floods in Central Europe: A case study of Poland. *Norsk Geografisk Tidsskrift - Norwegian Journal of Geography*, 69, 288–298. <https://doi.org/10.1080/00291951.2015.1072242>
64. Cadro, S., Uzunovic, M., Markovic, M., Zurovec, O., & Gocic, M. (2023). Climate Change Impacts on Water Balance Components in Bosnia and Herzegovina and Croatia. *The Journal „Agriculture and Forestry“*, 69(2). <https://doi.org/10.17707/AgricultForest.69.2.08>
65. Canada, H. (2016, Maj 19). *Manganese in Drinking Water* [Consultations]. <https://www.canada.ca/en/health-canada/programs/consultation-manganese-drinking-water/manganese-drinking-water.html>
66. Canada, H. (2020, Новембар 27). *Aluminum in drinking water: Guideline technical document for consultation* [Consultations]. <https://www.canada.ca/en/health-canada/programs/consultation-aluminum-drinking-water/document.html>
67. Caretta, M. A., Mukherji, A., Arfanuzzaman, M., Betts, R. A., Gelfan, A., Hirabayashi, Y., Lissner, T. K., Lopez Gunn, E., Liu, J., Morgan, R., Mwanga, S., & Supratid, S. (2022). Water. Y H.-O. Pörtner, D. C. Roberts, M. M. B. Tignor, E. S. Poloczanska, K. Mintenbeck, A. Alegría, M. Craig, S. Langsdorf, S. Löschke, V. Möller, A. Okem, & B. Rama (Yp.), *Climate Change 2022: Impacts, Adaptation and Vulnerability. Contribution of Working Group II to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Cambridge University Press.

68. Carpenter, S. R., Stanley, E. H., & Vander Zanden, M. J. (2011). State of the World's Freshwater Ecosystems: Physical, Chemical, and Biological Changes. *Annual Review of Environment and Resources*, 36(1), 75–99. <https://doi.org/10.1146/annurev-environ-021810-094524>
69. CDC. (2022). *Drinking Water Standards and Regulations*. <https://www.cdc.gov/healthywater/drinking/public/regulations.html>
70. Chapman, D. V. (Yp.). (1996). *Water quality assessments: A guide to the use of biota, sediments and water in environmental monitoring* (2. ed). E & FN Spon.
71. Chormański, J. (2012). Analysis of urbanization impact on changes in river discharge – a case study of the Biała river catchment. *Studia Geotechnica et Mechanica*, 34(2), 19–32. <https://doi.org/10.2478/sgm021202>
72. Cibulić, V., Veljković, N., Stamenković, L., & Staletović, N. (2015). Procena i upravljanje rizikom u sistemima za snabdevanje vodom za piće. *Vodoprivreda*, 47, 119–130.
73. Costanza, R., de Groot, R., Sutton, P., van der Ploeg, S., Anderson, S. J., Kubiszewski, I., Farber, S., & Turner, R. K. (2014). Changes in the global value of ecosystem services. *Global Environmental Change*, 26, 152–158. <https://doi.org/10.1016/j.gloenvcha.2014.04.002>
74. Costello, A. B., & Osborne, J. (2005). *Best practices in exploratory factor analysis: Four recommendations for getting the most from your analysis*. <https://doi.org/10.7275/JYJ1-4868>
75. Dahm, C., AKER, M., OORE, D., & HIBAULT, J. (2003). Coupled biogeochemical and hydrological response of streams and rivers to drought. *Freshwater Biology*, 48. <https://doi.org/10.1046/j.1365-2427.2003.01082.x>
76. Dalmacija, B., Agbaba, J., & Klačnja, M. (2009). *Savremene metode u pripremi vode za piće*.
77. Dašić, T., Đorđević, B., Milanović, P., Stanić, M., Jaćimović, N., & Sudar, N. (2016). Razvoj metoda za upravljanje vodama i uređenje teritorije u zoni sistema osetljivih na poplave—Na primeru rudnika i termoelektrane Gacko. *Vodoprivreda*, 48(282–284), 137–146.
78. de Bastos, F., Reichert, J. M., Minella, J. P. G., & Rodrigues, M. F. (2021). Strategies for identifying pollution sources in a headwater catchment based on multi-scale water quality monitoring. *Environmental Monitoring and Assessment*, 193(4), 169. <https://doi.org/10.1007/s10661-021-08930-5>

79. De Groot, R. S., Alkemade, R., Braat, L., Hein, L., & Willemen, L. (2010). Challenges in integrating the concept of ecosystem services and values in landscape planning, management and decision making. *Ecological Complexity*, 7(3), 260–272. <https://doi.org/10.1016/j.ecocom.2009.10.006>
80. Divac, D., Grujović, N., Milivojević, N., Stojanović, Z., & Simić, Z. (2009). Hydro-information systems and management of hydropower resources in Serbia. *Journal of Serbian Society for Computational Mechanics*, 3(1), 1–37.
81. Dore, M. H. I. (2005). Climate change and changes in global precipitation patterns: What do we know? *Environment International*, 31(8), 1167–1181. <https://doi.org/10.1016/j.envint.2005.03.004>
82. Đorović, B., & Pamučar, D. (2008). *Praktikum iz organizacije rada u saobraćaju i transportu*. Vojna akademija.
83. Dragoni, W., & Sukhija, B. S. (2008). Climate change and groundwater: A short review. *Geological Society, London, Special Publications*, 288(1), 1–12. <https://doi.org/10.1144/SP288.1>
84. Đukić, V. N. (2016). Water management in Republika Srpska in the function of developing sustainability. *Tehnika*, 71(4), 627–635. <https://doi.org/10.5937/tehnika1604627D>
85. Duran-Encalada, J. A., Paucar-Caceres, A., Bandala, E. R., & Wright, G. H. (2017). The impact of global climate change on water quantity and quality: A system dynamics approach to the US–Mexican transborder region. *European Journal of Operational Research*, 256(2), 567–581. <https://doi.org/10.1016/j.ejor.2016.06.016>
86. Đurđević, M. (2009). *Komunalna infrastruktura*. Visoka građevinsko-geodetska škola u Beogradu.
87. Dziegielewski, B. (2003). Water Supply Economics. Y D. E. Agthe, R. B. Billings, & N. Buras (Yp.), *Managing Urban Water Supply* (стр. 45–70). Springer Netherlands. https://doi.org/10.1007/978-94-017-0237-9_4
88. Easterling, D. R., Meehl, G. A., Parmesan, C., Changnon, S. A., Karl, T. R., & Mearns, L. O. (2000). Climate Extremes: Observations, Modeling, and Impacts. *Science*, 289(5487), 2068–2074. <https://doi.org/10.1126/science.289.5487.2068>
89. EDMS. (2007). *Review of the International Water Resources Management Policies and Actions and the Latest Practice in their Environmental Evaluation and Strategic Environmental Assessment*. https://www.epd.gov.hk/epd/SEA/eng/file/water_index/norway.pdf

90. EEA. (2010). *Mapping the impacts of natural hazards and technological accidents in Europe*. <https://www.eea.europa.eu/publications/mapping-the-impacts-of-natural>
91. EEA. (2016). *European water policies and human health: Combining reported environmental information*. <https://www.eea.europa.eu/publications/public-health-and-environmental-protection>
92. EEA. (2018). *European waters: Assessment of status and pressures 2018*. <https://www.eea.europa.eu/publications/state-of-water>
93. Elezović, N. M. (2016). *Karakterizacija kvaliteta vode reke Ibar u funkciji procene stanja životne sredine*. Univerzitet u Nišu, Tehnološki fakultet.
94. EPA. (1993). *Document Display | NEPIS | US EPA*. <https://nepis.epa.gov/Exe/ZyNET.exe/30002U3P.TXT?ZyActionD=ZyDocument&Client=EPA&Index=1991+Thru+1994&Docs=&Query=&Time=&EndTime=&SearchMethod=1&TocRestrict=n&Toc=&TocEntry=&QField=&QFieldYear=&QFieldMonth=&QFieldDay=&IntQFieldOp=0&ExtQFieldOp=0&XmlQuery=&File=D%3A%5Czyfiles%5CIndex%20Data%5C91thru94%5CTxt%5C00000008%5C30002U3P.txt&User=ANONYMOUS&Password=anonymous&SortMethod=h%7C-&MaximumDocuments=1&FuzzyDegree=0&ImageQuality=r75g8/r75g8/x150y150g16/i425&Display=hpfr&DefSeekPage=x&SearchBack=ZyActionL&Back=ZyActionS&BackDesc=Results%20page&MaximumPages=1&ZyEntry=1&SeekPage=x&ZyURL>
95. EPA. (2012). *Resource Guide to Effective Utility Management and Lean: Improving Performance and Addressing Key Management Priorities at Water-Sector Utilities*.
96. EPA. (2016). *Rural and Small Systems Guidebook to Sustainable Utility Management*. https://www.epa.gov/sites/default/files/2016-06/documents/rural_and_small_systems_guidebook_-_may_2016_508.pdf
97. EU. (2023). *The European Union (Drinking Water) Regulations 2023*. <https://www.irishstatutebook.ie/eli/2023/si/99/made/en/pdf>
98. European Commission. (2023a). *Water Framework Directive* [Energy, Climate change, Environment]. https://environment.ec.europa.eu/topics/water/water-framework-directive_en
99. European Commission. (2023b, Oktobar 18). *Drinking water*. https://environment.ec.europa.eu/topics/water/drinking-water_en

100. European Commission. Directorate General for the Environment. (2015). *Ecosystem services and biodiversity*. Publications Office. <https://data.europa.eu/doi/10.2779/57695>
101. European Environment Agency. (2017). *Climate change, impacts and vulnerability in Europe 2016: An indicator based report*. Publications Office. <https://data.europa.eu/doi/10.2800/534806>
102. FAO. (2003a). *Review of World Water Resources by Country*. <https://www.fao.org/3/y4473e/y4473e08.htm>
103. FAOLEX. (2023). *Water Strategy of the Russian Federation for the period until 2020*. <https://www.fao.org/faolex/results/details/en/c/LEX-FAOC192058/>
104. Federal Ministry Republic of Austria. (2023). *Overview of Austrian Water Management*. Overview of Austrian Water Management. <https://info.bml.gv.at/en/topics/water/water-in-austria/survey-of-the-austrian-water-management.html>
105. Field, C. B., Barros, V., Stocker, T. F., & Dahe, Q. (Yp.). (2012). *Managing the Risks of Extreme Events and Disasters to Advance Climate Change Adaptation: Special Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change* (1st изд.). Cambridge University Press. <https://doi.org/10.1017/CBO9781139177245>
106. Fisher, M. R. (2017). 7.1 Water Cycle and Fresh Water Supply. *Y Environmental Biology*. Open Oregon Educational Resources. <https://openoregon.pressbooks.pub/envirobiology/chapter/7-1-water-cycle-and-fresh-water-supply/>
107. Friedman, R., Ansell, C., Diamond, S., & Haines, Y. Y. (1984). *The Use of Models for Water Resources Management, Planning, and Policy—Friedman—1984—Water Resources Research—Wiley Online Library*. 20(7), 793–802.
108. Galili, T. (2015). Dendextend: An R package for visualizing, adjusting and comparing trees of hierarchical clustering. *Bioinformatics*, 31(22), 3718–3720. <https://doi.org/10.1093/bioinformatics/btv428>
109. Gocic, M. (2020). Water resources management education in the western Balkan region WRM education in the WB region. *International conference on water, society and climate change - WaSo 2020*, 378–383. https://www.researchgate.net/profile/Saravanamuttu-Sivakumar/publication/347623647_Simulation_of_Surface_Runoff_using_SWAT_Hydrological_Model_for_Un-

- gauged_River_Basin_of_Kanakarayanaru_of_Northern_Srilanka/links/5fe2a2ae92851c13feb192b0/Simulation-of-Surface-Runoff-using-SWAT-Hydrological-Model-for-Un-gauged-River-Basin-of-Kanakarayanaru-of-Northern-Srilanka.pdf#page=106
110. Gocic, M., & Trajkovic, S. (2008). *Web Based System for Remote Reading of Water Level*.
 111. Gocic, M., & Trajkovic, S. (2013). Trend analysis of water quality parameters for the Nisava river. *Facta Universitatis - Series: Architecture and Civil Engineering*, 11(3), 199–210. <https://doi.org/10.2298/FUACE1303199G>
 112. Gocic, M., Trajkovic, S., & Brankovic, S. (2008). *Mobile Communication Services in the Function of Surface Water Quality Parameter Monitoring*.
 113. Groot, R., Wilson, M., & Boumans, R. (2002). A Typology for the Classification Description and Valuation of Ecosystem Functions, Goods and Services. *Ecol Econ*, 41. [https://doi.org/10.1016/S0921-8009\(02\)00089-7](https://doi.org/10.1016/S0921-8009(02)00089-7)
 114. Grupa autora. (2021). *Uporedna analiza zakona, podzakonskih akata i propisa EU u oblasti regulisanja otpadnih voda i uloga lokalne samouprave odnosno grada Novog Sada*. Institut za uporedno pravo.
 115. GWP. (2009). *A Handbook for Integrated Water Resources Management in Basins*. <https://www.inbo-news.org/IMG/pdf/GWP-INBOHandbookForIWRMinBasins.pdf>
 116. GWP, T. (2000). *Integrated Water Resources Management*. <https://www.gwp.org/globalassets/global/toolbox/publications/background-papers/04-integrated-water-resources-management-2000-english.pdf>
 117. Haddeland, I., Heinke, J., Biemans, H., Eisner, S., Flörke, M., Hanasaki, N., Konzmann, M., Ludwig, F., Masaki, Y., Schewe, J., Stacke, T., Tessler, Z. D., Wada, Y., & Wisser, D. (2014). Global water resources affected by human interventions and climate change. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 111(9), 3251–3256. <https://doi.org/10.1073/pnas.1222475110>
 118. Hahs-Vaughn, D. L. (2016). *Applied Multivariate Statistical Concepts*. Routledge. <https://doi.org/10.4324/9781315816685>
 119. Hamid, A., Bhat, S. U., & Jehangir, A. (2019). Local determinants influencing stream water quality. *Applied Water Science*, 10(1), 24. <https://doi.org/10.1007/s13201-019-1043-4>
 120. Hassan, F. (2011). *Water history for our times—UNESCO Digital Library*. <https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000210879>

121. Hoekstra, A. Y. (2015). Chapter 7—The water footprint of industry. Y J. J. Klemeš (Yp.), *Assessing and Measuring Environmental Impact and Sustainability* (стр. 221–254). Butterworth-Heinemann. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-799968-5.00007-5>
122. Horne, J. (2021). Managing impacts of extreme hydrological events on urban water services: The Australian experience. *International Journal of Water Resources Development*, 37(6), 907–928. <https://doi.org/10.1080/07900627.2020.1808447>
123. IPCC. (2021). *Climate Change 2021 -The Physical Science Basis*. https://www.ipcc.ch/report/ar6/wg1/downloads/report/IPCC_AR6_WGI_SPM_final.pdf
124. IWA. (2023). *Water Safety Planning*. International Water Association. <https://iwa-network.org/projects/water-safety-planning/>
125. JKP „Naissus“. (2023a). *Istorija – JKP NAISSUS Niš*. <https://jkpnaissus.co.rs/istorija/>
126. JKP „Naissus“. (2023b). *Vodovod danas – JKP NAISSUS Niš*. <https://jkpnaissus.co.rs/vodovod-danas/>
127. Jolliffe, I. T. (Yp.). (2002). Principal Component Analysis for Special Types of Data. Y *Principal Component Analysis* (стр. 338–372). Springer. https://doi.org/10.1007/0-387-22440-8_13
128. Khatri, N., & Tyagi, S. (2015). Influences of natural and anthropogenic factors on surface and groundwater quality in rural and urban areas. *Frontiers in Life Science*, 8(1), 23–39. <https://doi.org/10.1080/21553769.2014.933716>
129. Koffi, B. (2007). Future extreme events in European climate: An exploration of regional climate model projections. *Climatic Change*. https://www.academia.edu/4660183/Future_extreme_events_in_European_climate_an_exploration_of_regional_climate_model_projections
130. Kotov, V. (2009). Russia: Historical Dimensions of Water Management. Y J. W. Dellapenna & J. Gupta (Yp.), *The Evolution of the Law and Politics of Water* (стр. 139–155). Springer Netherlands. https://doi.org/10.1007/978-1-4020-9867-3_9
131. Kulshreshtha, S. N. (1993). *World water resources and regional vulnerability: Impact of future changes*. International Institute for Applied Systems Analysis.
132. Lau, W. K.-M., Wu, H.-T., & Kim, K.-M. (2013). A canonical response of precipitation characteristics to global warming from CMIP5 models. *Geophysical Research Letters*, 40(12), 3163–3169. <https://doi.org/10.1002/grl.50420>

133. Leščešen, I., Pavić, D., & Dolinaj, D. (2018). Correlation between discharge and water quality: Case study Nišava river: Serbia. *Geographica Pannonica*, 22(2), 97–103. <https://doi.org/10.5937/22-16674>
134. Lins, H. F. (2008). The Imperative of Water Resources Assessment. *WMO Bulletin*, 57(3), 159–162.
135. Lintern, A., Webb, J. a., Ryu, D., Liu, S., Bende-Michl, U., Waters, D., Leahy, P., Wilson, P., & Western, A. W. (2018). Key factors influencing differences in stream water quality across space. *WIREs Water*, 5(1), e1260. <https://doi.org/10.1002/wat2.1260>
136. Liu, C.-W., Lin, K.-H., & Kuo, Y.-M. (2003). Application of factor analysis in the assessment of groundwater quality in a blackfoot disease area in Taiwan. *Science of The Total Environment*, 1, 77–89. [https://doi.org/10.1016/S0048-9697\(02\)00683-6](https://doi.org/10.1016/S0048-9697(02)00683-6)
137. Loucks, D. P. (2008). *Water Resource Management Models* (Tom 38). <https://nae.edu/7728/WaterResourceManagementModels>
138. Lukovac, V., Đorović, B., & Pamučar, D. (2013). Ocenjivanje organizacije funkcije zaštite resursa metodom procesnih funkcija. *Zbornik radova - Politehnika 2013*, 162–168.
139. Manfreda, S., Iacobellis, V., Gioia, A., Fiorentino, M., & Kochanek, K. (2018). The Impact of Climate on Hydrological Extremes. *Water*, 10(6), 802. <https://doi.org/10.3390/w10060802>
140. Margeta, J. (2010). *Vodoopskrba naselja: Planiranje, projektiranje, upravljanje, obrada vode*.
141. Martin-Ortega, J., Ferrier, R. C., Gordon, I. J., & Khan, S. (2015). *Water Ecosystem Services: A Global Perspective*. UNESCO.
142. Mashiyi, S., Weesakul, S., Vojinovic, Z., Sanchez Torres, A., Babel, M., Ditthabumrung, S., & Ruangpan, L. (2023). Designing and evaluating robust nature-based solutions for hydro-meteorological risk reduction. *International Journal of Disaster Risk Reduction*, 93, 103787. <https://doi.org/10.1016/j.ijdr.2023.103787>
143. Mazzoleni, M., Odongo, V. O., Mondino, E., & Di Baldassarre, G. (2021). Water management, hydrological extremes, and society: Modeling interactions and phenomena. *Ecology and Society*, 26(4), art4. <https://doi.org/10.5751/ES-12643-260404>
144. McGrane, S. J., Hutchins, M. G., Miller, J. D., Bussi, G., Kjeldsen, T. R., & Loewenthal, M. (2017). During a winter of storms in a small UK catchment,

- hydrology and water quality responses follow a clear rural-urban gradient. *Journal of Hydrology*, 545, 463–477. <https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2016.12.037>
145. McPhillips, L., Chang, H., Chester, M., Depietri, Y., Friedman, E., Grimm, N., Kominoski, J., McPhearson, T., Méndez-Lázaro, P., Rosi, E., & Shafiei Shiva, J. (2018). Defining Extreme Events: A Cross-Disciplinary Review. *Earth's Future*, 6. <https://doi.org/10.1002/2017EF000686>
 146. Meride, Y., & Ayenew, B. (2016). Drinking water quality assessment and its effects on residents health in Wondo genet campus, Ethiopia. *Environmental Systems Research*, 5(1), 1. <https://doi.org/10.1186/s40068-016-0053-6>
 147. Millennium Ecosystem Assessment (Program) (Yp.). (2005). *Ecosystems and human well-being: Synthesis*. Island Press.
 148. Miller, J. D., & Hutchins, M. (2017). The impacts of urbanisation and climate change on urban flooding and urban water quality: A review of the evidence concerning the United Kingdom. *Journal of Hydrology: Regional Studies*, 12, 345–362. <https://doi.org/10.1016/j.ejrh.2017.06.006>
 149. Milutinovic, S. (2012). *Politike održivog razvoja*.
 150. Moriarty, P., Batchelor, C., & Laban, P. (2005). *Using Visions, Scenarios and Strategies within the EMPOWERS Planning Cycle for IWRM*.
 151. Mosleh, L., & Negahban-Azar, M. (2021). Role of Models in the Decision-Making Process in Integrated Urban Water Management: A Review. *Water*, 13(9), Article 9. <https://doi.org/10.3390/w13091252>
 152. Neugarten, R. A., Langhammer, P. F., Osipova, E., Bagstad, K. J., Bhagabati, N., Butchart, S. H. M., Dudley, N., Elliott, V., Gerber, L. R., Gutierrez Arrellano, C., & Ivanić, K.-Z. (2018). *Tools for measuring, modelling, and valuing ecosystem services: Guidance for Key Biodiversity Areas, natural World Heritage Sites, and protected areas*. IUCN.
 153. NIPH. (2017). *Drinking water in Norway*. Norwegian Institute of Public Health. <https://www.fhi.no/en/he/hin/infectious-diseases/drinking-water-in-Norway/>
 154. Nollet, L. M. L., & Gelder, L. S. P. D. (Yp.). (2013). *Handbook of Water Analysis* (3rd изд.). CRC Press. <https://doi.org/10.1201/b15314>
 155. O'Connell, E. (2017). Towards Adaptation of Water Resource Systems to Climatic and Socio-Economic Change. *Water Resources Management*, 31(10), 2965–2984. <https://doi.org/10.1007/s11269-017-1734-2>

156. OECD. (2015). *Water Resources Allocation: Sharing Risks and Opportunities*.
<https://www.oecd.org/austria/Water-Resources-Allocation-Austria.pdf>
157. OECD. (2023). *The Climate Action Monitor 2023*. OECD.
<https://www.oecd.org/climate-action/ipac/the-climate-action-monitor-2023-60e338a2/chapter-d1e1621>
158. Ondrej, J., Čudanov, M., Jevtić, M., & Krivokapić, J. (2014). *Projektovanje organizacije*. FON.
159. Ouyang, Y. (2005). Evaluation of river water quality monitoring stations by principal component analysis. *Water Research*, 39(12), 2621–2635.
<https://doi.org/10.1016/j.watres.2005.04.024>
160. Paunovic, M., Jakovcev-Todorovic, D., Simic, V., Stojanovic, B., & Petrovic, A. (2006). Trophic relations between macroinvertebrates in the Vlasina river (Serbia). *Archives of Biological Sciences*, 58(2), 105–114.
<https://doi.org/10.2298/ABS0602105P>
161. Pearson, R. H., & Mundform, D. J. (2010). Recommended Sample Size for Conducting Exploratory Factor Analysis on Dichotomous Data. *Journal of Modern Applied Statistical Methods*, 9(2), 359–368.
<https://doi.org/10.22237/jmasm/1288584240>
162. Pietruszyński, Ł., & Cieśliński, R. (2019). The Impact of Hydrometeorological Events on the State of the Urban River Quality. *Ecological Chemistry and Engineering S*, 26(3), 521–533. <https://doi.org/10.1515/eces-2019-0005>
163. Piuković, B. (2010). Research of organization's levels using the process functions method. *Anali Ekonomskog fakulteta u Subotici*, 23, 139–151.
164. Počuča, N. (2019). *Voda: Zagađenje i prečišćavanje*.
<https://www.knjizara.com/Voda-zagadjenje-i-preciscavanje-Nikola-Pocuca-155046>
165. Popović, S. (1982). *Pravni okviri za regulisanje zaštite voda od zagađivanja*. Univerzitet u Nišu, Pravni fakultet.
<http://www.prafak.ni.ac.rs/files/zbornik/sadrzaj/zbornici/z22/01z22.pdf>
166. Prohaska, S., J. (2003b). *Hidrologija—I deo—Hidro-meteorologija, hidrometrija i vodni režim*. Institut za vodoprivredu „Jaroslav Černi“.
167. Properzi, F. (2016). *EPA H2020 SC5 Info Day: United Nations Sustainable Development Goals*. <https://www.slideshare.net/EPAIreland/epa-h2020-sc5-info-day-united-nations-sustainable-development-goals-federico-properzi-unwater>

168. Puczko, K., & Jekatierynczuk-Rudczyk, E. zbieta. (2020). Extreme Hydro-Meteorological Events Influence to Water Quality of Small Rivers in Urban Area: A Case Study in Northeast Poland. *Scientific Reports*, 10(1). <https://doi.org/10.1038/s41598-020-67190-4>
169. Radivojević, B., Ilić, A., Radivojević, D., & Gocić, M. (2022). *Assessment of climate change impact on surface water regime in Serbia*. “Youth” in the forefront: before and after World Water Forum. Online Youth Water Congress: “Emerging water challenges since COVID-19”. https://static.iahr.org/library/Cosponsored/Youth_Water_Congress_2022/Proceedings_Youth_Water_Congress_2022.pdf#page=21
170. RHMZ. (2023). *Hidrologija—Istorija*. https://www.hidmet.gov.rs/data/dokumenti_latin/hidrologija_istorija.pdf
171. Ritchie, H., & Roser, M. (2017). Water Use and Stress. *Our World in Data*. <https://ourworldindata.org/water-use-stress>
172. Russian Federation Federal Law. (2006). *Water Code of the Russian Federation*. <https://policy.asiapacificenergy.org/node/826>
173. Saravanan, K., Julie, G., & Robinson, H. (Yp.). (2019). *Handbook of Research on Implementation and Deployment of IoT Projects in Smart Cities*: IGI Global. <https://doi.org/10.4018/978-1-5225-9199-3>
174. Scanlon, B. R., Jolly, I., Sophocleous, M., & Zhang, L. (2007). Global impacts of conversions from natural to agricultural ecosystems on water resources: Quantity versus quality. *Water Resources Research*, 43(3). <https://doi.org/10.1029/2006WR005486>
175. SDWF. (2016, Децембар 8). *Source Water Protection*. Safe Drinking Water Foundation. <https://www.safewater.org/fact-sheets-1/2017/1/23/source-water-protection>
176. SEPA. (2000). *Integralni prevod direktive Evropskog Parlamenta i Saveta 2000/60/ec o uspostavljanju okvira za delovanje zajednice u oblasti politike voda*. https://www.sepa.gov.rs/download/strano/OkvirnaDirektivaOvodamaEU_pretekst.pdf
177. SEPA. (2015a). *Воде Србије—У времену прилагођавања на климатске промене*. Агенција за заштиту животне средине. http://www.sepa.gov.rs/download/Vode_Srbije.pdf

178. SEPA. (2015b). *Резултати испитивања квалитета површинских и подземних вода за 2014. Годину.*
<http://www.sepa.gov.rs/download/KvalitetVoda2014.pdf>
179. SEPA. (2021). *Статус површинских вода Србије у периоду 2017-2019.*
http://www.sepa.gov.rs/download/VodeSrbije/StatusPovrsinskihVoda2017_2019.pdf
180. SEPA. (2023a). *Мониторинг квалитета вода.*
<http://www.sepa.gov.rs/index.php?menu=305&id=30000&akcija=showAll>
181. SEPA. (2023b). *Резултати испитивања квалитета површинских и подземних вода за 2021. Годину.*
182. Sheskin, D. J. (2003). *Handbook of Parametric and Nonparametric Statistical Procedures: Third Edition* (3rd изд.). Chapman and Hall/CRC.
<https://doi.org/10.1201/9781420036268>
183. Sheskin, D. J. (2020). *Handbook of Parametric and Nonparametric Statistical Procedures, Fifth Edition* (5th изд.). Chapman and Hall/CRC.
<https://doi.org/10.1201/9780429186196>
184. Simonovic, S. P., & Fahmy, H. (1999). A new modeling approach for water resources policy analysis. *Water Resources Research*, 35(1), 295–304.
<https://doi.org/10.1029/1998WR900023>
185. Singh, K. P., Malik, A., Mohan, D., & Sinha, S. (2004). Multivariate statistical techniques for the evaluation of spatial and temporal variations in water quality of Gomti River (India)—A case study. *Water Research*, 38(18), 3980–3992.
<https://doi.org/10.1016/j.watres.2004.06.011>
186. „Sl. glasnik RS“, br. 3/2017. (2015). *Стратегија управљања водама на територију Републике Србије.* Институт за водопривреду „Јарослав Черни“. <https://rdvode.gov.rs/doc/Strategija%20upravljanja%20vodama.pdf>
187. „Sl. list SRJ“, br. 42/98 i 44/99 i „Sl. glasnik RS“, br. 28/2019. (без датума). *Pravilnik o higijenskoj ispravnosti vode za piće Republike Srbije.* Преузето 30. Мај 2024., од <http://www.paragraf.rs/propisi/pravilnik-higijenskoj-ispravnosti-vode-pice.html>
188. Smets, H. (2007). *Implementing the right to water in France.* Water Academy, France. https://www.ielrc.org/activities/workshop_0704/content/d0723.pdf
189. Snoeyink, V. L., & Jenkins, D. (1980). *Water chemistry.* Wiley.
190. Stanković, S., & Petrović, N. (2023). Sustainability Enhancement in Water Supply and Municipal Waste Management Utilities. *У Transformation and Efficiency*

Enhancement of Public Utilities Systems: Multidimensional Aspects and Perspectives. IGI Global.

191. Stankovic, S., & Vasovic, D. (2019). Impacts of Extreme Hydrological Events on Sustainable Water Resources Management and Human Well-being. *Safety Engineering*, 9. <https://doi.org/10.7562/SE2019.9.01.06>
192. Stankovic, S., Vasovic, D., Ivanović, M., & Boricic, A. (2023). *The Impact of Extreme Hydrological Events on Drinking Water Quality in Rural Areas: A Case Study of Southern Serbia*”, 18th SDEWES Conference on Sustainable Development of Energy, Water and Environment Systems – SDEWES, Dubrovnik, Croatia, 2023, pp. 0548. SDEWES Centre. <file:///D:/Usavr%C5%A1avanja%20od%202021%20-%202023/SDEWES/Dubrovnik%202023/pages/index.html>
193. Stanković, S., Vasović, D., Petrović, N., Boričić, A., & Takić, L. (2022). Application of Process Function Method for the Evaluation of Water Treatment Plant Organizational Performance—PUC “NAISSUS” Niš Case Study. *Facta Universitatis, Series: Working and Living Environmental Protection*, 0, Article 0. <https://doi.org/10.22190/FUWLEP2201015S>
194. Stankovic, S., Vasovic, D., & Trajkovic, S. (2019). *Model of Sustainable Water Resources Management in the Conditions of Extreme Hydrological Phenomena*. 20, 1393–1401.
195. Suich, H., Howe, C., & Mace, G. (2015). Ecosystem services and poverty alleviation: A review of the empirical links. *Ecosystem Services*, 12, 137–147. <https://doi.org/10.1016/j.ecoser.2015.02.005>
196. Sunyer, M. A., Sørup, H. J. D., Christensen, O. B., Madsen, H., Rosbjerg, D., Mikkelsen, P. S., & Arnbjerg-Nielsen, K. (2013). On the importance of observational data properties when assessing regional climate model performance of extreme precipitation. *Hydrology and Earth System Sciences*, 17(11), 4323–4337. <https://doi.org/10.5194/hess-17-4323-2013>
197. SWARM. (2020). *Priručnik za obuku o upravljanju vodnim resursima*. http://gf94.gaf.ni.ac.rs/pluginfile.php/1423/mod_resource/content/1/Handbook%20-%20latinica%20-%20complete.pdf
198. Tadić, G. (2005). *Ocena funkcija saobraćajne podrške primenom metode procesnih funkcija*. 287–302. <http://www.vtg.mod.gov.rs/arhiva/2005/vojnotehnicki-glasnik-3-4-2005.pdf>

199. Taylor, R. G., Scanlon, B., Döll, P., Rodell, M., Van Beek, R., Wada, Y., Longuevergne, L., Leblanc, M., Famiglietti, J. S., Edmunds, M., Konikow, L., Green, T. R., Chen, J., Taniguchi, M., Bierkens, M. F. P., MacDonald, A., Fan, Y., Maxwell, R. M., Yechieli, Y., ... Treidel, H. (2013). Ground water and climate change. *Nature Climate Change*, 3(4), 322–329. <https://doi.org/10.1038/nclimate1744>
200. Thackeray, C. W., Hall, A., Norris, J., & Chen, D. (2022). Constraining the increased frequency of global precipitation extremes under warming. *Nature Climate Change*, 12(5), Article 5. <https://doi.org/10.1038/s41558-022-01329-1>
201. Tokatlı, C. (2015). Assessment of Water Quality in the Meriç River as an Ecosystem Element in Turkey's Thrace Region. *Polish Journal of Environmental Studies*, 24, 2205–2211. <https://doi.org/10.15244/pjoes/58780>
202. Trajkovic, S., Brankovic, S., & Gocic, M. (2008). *Analysis of Biological Water Quality Parameters of the River Nisava Upstream of Water Treatment Plant „Mediana“*.
203. Trajković, S., Gocić, M., Misic, D., & Milanovic, M. (2020). Spatio-Temporal Distribution of Hydrological and Meteorological Droughts in the South Morava Basin. *Y Natural Risk Management and Engineering* (crp. 225–242). Springer Tracts in Civil Engineering.
204. Turney, S. (2022, Maj 13). *Pearson Correlation Coefficient (r) | Guide & Examples*. Scribbr. <https://www.scribbr.com/statistics/pearson-correlation-coefficient/>
205. UN. (2023). *International Decade for Action „Water for Life“ 2005-2015. Focus Areas: Water and sustainable development*. https://www.un.org/waterforlifedecade/water_and_sustainable_development.shtml
206. UN, E. (2018). *Progress on integrated water resources management. Global baseline for SDG 6 Indicator 6.5.1: Degree of IWRM implementation*. https://www.unwater.org/sites/default/files/app/uploads/2018/11/SDG6_Indicator_Report_651_Progress-on-Integrated-Water-Resources-Management_ENGLISH_2018.pdf
207. UN General Assembly. (2010). *General Assembly Adopts Resolution Recognizing Access to Clean Water, Sanitation as Human Right, by Recorded Vote of 122 in Favour, None against, 41 Abstentions | UN Press*. <https://press.un.org/en/2010/ga10967.doc.htm>
208. UN Water. (2018). *Progress on Water-related Ecosystems*. <https://www.unwater.org/sites/default/files/app/uploads/2018/08/661-progress-on-water-related-ecosystems-2018.pdf>

209. UNESCO. (2019). *UN World Water Development Report 2019*. UNESCO World Water Assessment Programme. <https://www.unwater.org/publications/un-world-water-development-report-2019>
210. Unger, A., Rehan, R., Knight, M., & Haas, C. (2015). Water Utility Management and Financial Planning Using System Dynamics. *Journal - American Water Works Association*, 107. <https://doi.org/10.5942/jawwa.2015.107.0006>
211. Urošev, M., Dolinaj, D., & Leščešen, I. (2016). Hydrological droughts in the Južna Moravia river basin (Serbia). *Geographica Pannonica*, 20(4), 197–207. <https://doi.org/10.5937/GeoPan1604197U>
212. US EPA, O. (2013). *Regulatory and Guidance Information by Topic: Water* [Collections and Lists]. <https://www.epa.gov/regulatory-information-topic/regulatory-and-guidance-information-topic-water>
213. US EPA, O. (2015, Mapr 27). *Basic Information about Source Water Protection* [Overviews and Factsheets]. <https://www.epa.gov/sourcewaterprotection/basic-information-about-source-water-protection>
214. Vasić, Ž., Sajfert, D., & Jevremović, M. (2013). *Osnovi menadžmenta*. Visoka škola elektrotehnike i računarstva strukovnih studija.
215. Vasović, D., & Stanković, M. (2011). Advanced surface water quality monitoring in the protected areas of eastern Serbia. *The Online Journal of Science and Technology*, 1(1).
216. Vasović, D., Stanković, S., & Takić, L. (2019a). *Conceptual framework for natural hazard management within different spatiotemporal coherences*. 14–21.
217. Vasović, D., Stanković, S., & Takić, L. (2019b). Environmental consideration of large wastewater treatment – The city of Niš case study. *Facta Universitatis, Series: Working and Living Environmental Protection*, 0, Article 0. <https://doi.org/10.22190/FUWLEP1901015V>
218. Veljković, N., Perunović Ćulić, T., & Petrović, Z. (2022). *Upravljanje vanrednim situacijama—Nedostatak vode za piće: Propisi i praksa*. 101–109. http://sepa.gov.rs/download/radovi/2022/UpravljanjeVanrednimSituacijamaVeljkovicEtAl_Jahorina2022.pdf
219. Versini, P.-A., Pouget, L., Mcennis, S., Custodio, E., & Escaler, I. (2016). Climate change impact on water resources availability – Case study of the Llobregat

- River basin (Spain). *Hydrological Sciences Journal*.
<https://doi.org/10.1080/02626667.2016.1154556>
220. Vicente-Serrano, S. M., Zabalza-Martínez, J., Borràs, G., López-Moreno, J. I., Pla, E., Pascual, D., Savé, R., Biel, C., Funes, I., Azorin-Molina, C., Sanchez-Lorenzo, A., Martín-Hernández, N., Peña-Gallardo, M., Alonso-González, E., Tomas-Burguera, M., & El Kenawy, A. (2017). Extreme hydrological events and the influence of reservoirs in a highly regulated river basin of northeastern Spain. *Journal of Hydrology: Regional Studies*, 12, 13–32. <https://doi.org/10.1016/j.ejrh.2017.01.004>
 221. Vodotehnika. (2012). *Elaborat o zonama sanitarne zaštite izvorišta vodosnabdevanja Vlasotinca*. Gradski zavod za zaštitu zdravlja.
 222. Walsh, C. J., Roy, A., Feminella, J., Cottingham, P., Groffman, P., & Morgan II, R. (2005). The Urban Stream Syndrome: Current Knowledge and the Search For A Cure. *Am. Benthol. Soc*, 24, 706–723. [https://doi.org/10.1899/0887-3593\(2005\)024\[0706:TUSSCK\]2.0.CO;2](https://doi.org/10.1899/0887-3593(2005)024[0706:TUSSCK]2.0.CO;2)
 223. Wang, D., Chen, Y., Jarin, M., & Xie, X. (2022). Increasingly frequent extreme weather events urge the development of point-of-use water treatment systems. *Npj Clean Water*, 5(1), Article 1. <https://doi.org/10.1038/s41545-022-00182-1>
 224. WHO. (1998). *Nitrate and nitrite in Drinking-water*. https://apps.who.int/iris/bitstream/handle/10665/75380/WHO_SDE_WSH_04.03_56_eng.pdf
 225. WHO. (2023a). *Water safety plan manual: Step-by-step risk management for drinking-water suppliers* (2nd изд.). <https://iris.who.int/bitstream/handle/10665/366148/9789240067691-eng.pdf?sequence=1>
 226. WHO. (2023b). *Water safety planning*. <https://www.who.int/teams/environment-climate-change-and-health/water-sanitation-and-health/water-safety-and-quality/water-safety-planning>
 227. Wisconsin Department of Health Service. (2022). *Manganese in Drinking Water*.
 228. WISE. (2023). *Water Framework Directive*. <https://water.europa.eu/freshwater/europe-freshwater/water-framework-directive>
 229. WMO. (2023a). *Water Resources Assessment | World Meteorological Organization*. <https://community.wmo.int/en/activity-areas/water-resources-assessment>

230. WMO. (2023b, Ноембар 27). *2023 shatters climate records, with major impacts*. World Meteorological Organization. <https://wmo.int/news/media-centre/2023-shatters-climate-records-major-impacts>
231. World Bank. (2022). *Water Resources Management* [Text/HTML]. World Bank. <https://www.worldbank.org/en/topic/waterresourcesmanagement>
232. World Meteorological Organization. (2021, Јули 23). *Water-related hazards dominate disasters in the past 50 years*. <https://public.wmo.int/en/media/press-release/water-related-hazards-dominate-disasters-past-50-years>
233. Xiong, Z., & Wang, Y. (2022). Cross-Scaling Approach for Water-Flow-Regulating Ecosystem Services: A Trial in Bochum, Germany. *Land*, 11(5), Article 5. <https://doi.org/10.3390/land11050740>
234. Yan, X., Zhang, T., Du, W., Meng, Q., Xu, X., & Zhao, X. (2024). A Comprehensive Review of Machine Learning for Water Quality Prediction over the Past Five Years. *Journal of Marine Science and Engineering*, 12(1), Article 1. <https://doi.org/10.3390/jmse12010159>
235. Young, G. J., Dooge, J. C. I., & Rodda, J. C. (1994). *Global Water Resource Issues*. Cambridge University Press. https://assets.cambridge.org/97805214/67124/excerpt/9780521467124_excerpt.pdf
236. Zhu, M., Wang, J., Yang, X., Zhang, Y., Zhang, L., Ren, H., Wu, B., & Ye, L. (2022). A review of the application of machine learning in water quality evaluation. *Eco-Environment & Health*, 1(2), 107–116. <https://doi.org/10.1016/j.eehl.2022.06.001>
237. Živojinović, D., Lukić, A., Onjia, A., & Rajaković, Lj. (2013). Hemometrijski pristup u analizi i proceni kvaliteta sirove površinske vode: Reka Sava. *Voda i sanitarna tehnika*, 6, 19–30.
238. Zwick, W. R., & Velicer, W. F. (1986). Comparison of five rules for determining the number of components to retain. *Psychological Bulletin*, 99(3), 432–442. <https://doi.org/10.1037/0033-2909.99.3.432>

ПРИЛОЗИ

Прилог 1 – Табела критеријума за избор нивоа послова

Табела 1. Критеријуми за избор нивоа послова

Ниво	Критеријум
5	Извршавање послова је потребно, пословање не би било могуће
4	Извршавање послова врло утиче на целокупно пословање
3	Извршавање послова утиче на економичност пословања
2	Не извршавање послова узоркује мањкавост у пословању, али је пословање упркос томе могуће
1	Извршавање послова утиче на целовитост пословања
0	Извршавање послова није потребно

Прилог 2 – Табела нивоа процесних функција

Табела 2. Нивои процесних функција

Процесне функције	Ниво
Евидентирање	5
Обавештавање	5
Контролисање	4
Анализирање	5
Одлучивање	4
Планирање	4
Усклађивање	1
Организовање	4
Извођење	2

Прилог 3 – Табела критеријума за одређивање оцена послова

Табела 3. Критеријуми за одређивање оцена послова

Оцена	Критеријуми за одређивање оцена
1	Послови се не обављају
2	Послови се обављају повремено
3	Послови се обављају на властиту иницијативу, али по договору
4	Послови се обављају према упутствима претпостављених
5	Послови се обављају према организацијским прописима

Прилог 4 – Минимална вредност амонијака за мерно место Свође за анализирани период истраживања

Минимална вредност амонијака за мерно место Свође је 0 и измерена је:

- 4, 5, 8, 14, 21, 27, 29, 30. јануара 2014. године;
- 3, 5, 6, 8, 9, 26, 12, 14, 22, 24, 25, 10, 28. фебруара 2014. године;
- 2, 3, 5, 10, 15, 22, 26, 27, 30, 31. марта 2014. године;
- 3, 5, 6, 7, 12, 15, 27, 28. априла 2014. године;
- 1, 6, 8, 9, 10, 11, 13, 14, 18, 19, 20, 23, 24, 26. маја 2014. године;
- 3, 8, 12, 13, 15, 17, 20, 21, 24, 28. јуна 2014. године;
- 5, 10, 21, 25. јула 2014. године;
- 11, 12, 14, 18, 19. августа 2014. године;
- 30. септембра 2014. године;
- 23. и 27. октобра 2014. године;
- 4. и 29. новембра 2014. године;
- 2, 3, 4, 27. децембра 2014. године;
- 2, 3, 4, 16. јануара 2015. године;
- 3, 8, 12, 16, 17, 18, 21, 22, 23, 24. фебруара 2015. године;
- 1, 9, 13, 30. марта 2015. године;
- 1, 5, 7, 10, 13, 21, 24, 25. априла 2015. године;
- 7, 14. маја 2015. године;
- 8, 12. јуна 2015. године;
- 28. августа 2015. године;
- 1, 6, 28, 29, 30. септембра 2015. године;
- 1, 2. октобра 2015. године;
- 4, 5, 7, 8, 9, 12, 13, 16, 17, 18, 20, 21, 22, 29. новембра 2015. године;
- 13, 18, 19, 21, 22, 25, 30, 31. децембра 2015. године;
- 6, 26, 27. јануара 2016. године;
- 6, 7, 8, 9, 19, 29. фебруара 2016. године;
- 2, 3, 4, 5, 6, 7, 10, 15, 17, 18, 19, 21, 23, 24, 28, 31. марта 2016. године;
- 3, 7, 8, 11, 12, 20, 28. априла 2016. године;
- 4, 9, 10, 11, 13, 17, 18. маја 2016. године;
- 9, 10, 16, 17, 20, 21, 27. јуна 2016. године;
- 8, 9, 10, 12, 15, 24, 28. јула 2016. године;

- 1, 5, 11, 13, 29, 30, 31. августа 2016. године;
- 1, 4, 6, 12, 19, 23, 28, 29, 30. септембра 2016. године;
- 1, 2, 5, 7, 9. и 31. октобра 2016. године;
- 1, 3, 16, 17. новембра 2016. године;
- 1, 7, 10, 13, 20, 21, 22, 23, 24, 25, 26, 29, 31. децембра 2016. године;
- 2, 6, 26, 27. јануара 2017. године;
- 7, 6, 8, 9, 19. фебруара 2017;
- 1, 3, 4, 5, 6, 7, 11, 16, 18, 19, 20, 22, 24, 25, 29. марта 2017. године;
- 1, 4, 9, 8, 12, 13, 21, 29. априла 2017. године;
- 5, 10, 11, 12, 14, 18, 19. маја 2017. године;
- 10, 11, 17, 18, 21, 22, 28. јуна 2017. године;
- 11, 13, 16, 23, 25, 29. јула 2017. године;
- 2, 6, 12, 30, 31. августа 2017. године;
- 1, 2, 5, 7, 13, 20, 24, 29, 30. септембра 2017. године;
- 1, 2, 3, 5, 6, 8, 10. октобра 2017. године;
- 1, 2, 4. новембра 2017. године;
- 2, 8, 11, 14, 21, 22, 23, 24, 25, 26, 27, 30. децембра 2017. године;
- 1, 20. јануара 2018. године;
- 3, 15. фебруара 2018. године.

Прилог 5 – Минимална вредност нитрита у води за мерно место Свође за анализирани период истраживања

Минимална вредност нитрита у води за мерно место Свође је 0 mg/l и измерена је:

- 17. јануара 2014. године;
- 7, 8. фебруара 2014. године;
- 15, 18, 20, 21. марта 2014. године;
- 18, 22, 25, 28 августа 2014. године;
- 20, 21. септембра 2014. године;
- 10, 20, 21, 23, 26. октобра 2014. године;
- 5, 7, 10, 17. новембра 2014. године;
- 2, 4, 31. децембра 2014. године;
- 8, 19, 24, 26. јануара 2015. године;
- 2. и 14. фебруара 2015. године;
- 1, 5, 10, 13 априла 2015. године;
- 13. августа 2015. године;
- 13, 29. јула 2015. године;
- 3, 8, 16. септембра 2015. године;
- 20, 25, 27, 28. октобра 2015. године;
- 1, 2, 3, 6, 9, 12, 13, 16, 17, 21, 22. новембра 2015. године;
- 26. и 28. фебруара 2016. године;
- 25, 26, 29. марта 2016. године;
- 2, 3, 6, 7, 8, 22. априла 2016. године;
- 15, 16, 19, 20, 31. августа 2016. године;
- 1, 4, 5, 6, 19, 20, 26, 27, 28, 29, 30. септембра 2016. године;
- 2, 3, 5, 6, 7, 18. новембра 2016. године;
- 26, 30, 31. децембра 2016. године;
- 1, 3, 4, 11, 15, 19, 20, 21, 26, 27, 30, 31. октобра 2017. године;
- 30. марта 2017. године;
- 3, 4, 7, 8, 9, 23. априла 2017. године;
- 16, 17, 20, 21. августа 2017. године;
- 1, 2, 5, 6, 7, 20, 21, 27, 28, 29, 30. септембра 2017. године;
- 1, 2, 4, 5, 12, 16, 20, 21, 22, 27, 28, 31. октобра 2017. године;
- 1, 3, 4, 6, 7, 8, 19. новембра 2017. године;

- 27. и 31. децембра 2017. године;
- 1, 6, 31. јануара 2018. године;
- 6, 8, 9. фебруара 2018. године;
- 3, 15, 22, 27, 28. марта 2018. године;
- 21. априла 2018. године;
- 8. маја 2018. године;
- 3, 7, 24, 25. јула 2018. године;
- 14, 18, 22, 23. августа 2018. године;
- 1, 11, 12, 13, 15, 18, 19, 25, 26, 27, 28, 29. септембра 2018. године;
- 2, 5, 6, 11, 12, 15, 16, 17, 27. октобра 2018. године;
- 8, 27, 29. новембра 2018. године;
- 11, 29. децембра 2018. године.

**Прилог 6 – Средње месечне вредности концентрација анализираних параметара
квалитета сирове воде – мерно место Ниш**

Ниш										
Година	Месец	Мутноћа, NTU	ХПК (KMnO ₄), mg/l	Амонијак NH ₃ , mg/l	Нитрати. NO ₃ ⁻ , mg/l	Нитрити NO ₂ ⁻ , mg/l	Гвожђе	Манган	pH	ВРК ₅ , mgO ₂ /l
2014	Јануар	2.075	8.110	0.124	8.968	0.097	0.040	0.025	7.857	3.105
	Фебруар	2.218	8.068	0.147	6.475	0.033	0.023	0.025	7.901	2.520
	Март	3.914	8.868	0.135	5.545	0.034	0.031	0.025	7.925	2.139
	Април	120.332	17.980	0.247	5.820	0.057	0.065	0.040	7.962	2.738
	Мај	94.782	26.503	0.149	4.884	0.032	0.192	0.026	7.877	1.739
	Јун	32.334	11.501	0.067	5.073	0.034	0.157	0.025	7.972	1.594
	Јул	51.869	10.854	0.145	6.068	0.055	0.111	0.025	7.988	1.543
	Август	39.513	10.052	0.126	5.145	0.055	0.111	0.025	8.005	1.464
	Септембар	26.879	11.093	0.098	5.383	0.064	0.152	0.025	7.992	1.244
	Октобар	13.271	11.245	0.110	5.845	0.050	0.112	0.025	8.054	3.500
	Новембар	25.650	11.486	0.079	5.630	0.036	0.127	0.025	7.982	2.900
	Децембар	25.598	11.106	0.140	5.113	0.026	0.159	0.025	7.995	3.596

Ниш										
Година	Месец	Мутноћа, NTU	ХПК (KMnO ₄), mg/l	Амонијак NH ₃ , mg/l	Нитрати. NO ₃ ⁻ , mg/l	Нитрити NO ₂ ⁻ , mg/l	Гвожђе	Манган	pH	ВРК ₅ , mgO ₂ /l
2015	Јануар	52.189	13.767	0.124	5.319	0.018	0.200	0.025	8.007	3.625
	Фебруар	26.600	9.900	0.113	6.154	0.031	0.136	0.025	7.977	2.833
	Март	78.045	16.232	0.148	6.397	0.034	0.139	0.028	7.979	2.626
	Април	39.170	12.110	0.068	6.063	0.030	0.124	0.025	7.920	1.788
	Мај	10.695	8.243	0.077	6.268	0.048	0.072	0.025	8.051	1.574
	Јун	11.584	8.532	0.081	6.980	0.060	0.071	0.025	8.052	1.362
	Јул	8.121	8.305	0.096	7.481	0.063	0.132	0.025	8.030	1.441
	Август	3.138	8.552	0.093	7.855	0.047	0.063	0.025	7.970	1.006
	Септембар	8.309	10.226	0.108	7.993	0.048	0.067	0.025	8.016	1.146
	Октобар	12.231	10.071	0.092	7.435	0.038	0.066	0.025	8.016	1.420
	Новембар	15.069	9.330	0.088	6.983	0.049	0.061	0.025	8.011	1.732
	Децембар	6.971	7.790	0.085	4.997	0.027	0.116	0.025	7.995	#DIV/0!

Ниш										
Година	Месец	Мутноћа, NTU	ХПК (KMnO ₄), mg/l	Амонијак NH ₃ , mg/l	Нитрати. NO ₃ ⁻ , mg/l	Нитрити NO ₂ ⁻ , mg/l	Гвожђе	Манган	pH	ВРК ₅ , mgO ₂ /l
2016	Јануар	48.373	15.215	0.092	5.777	0.029	0.131	0.025	7.985	2.439
	Фебруар	33.672	10.128	0.074	5.072	0.022	0.081	0.025	7.988	1.931
	Март	55.929	12.531	0.080	5.426	0.046	0.130	0.028	7.924	1.619
	Април	10.470	8.737	0.092	4.943	0.039	0.106	0.025	7.979	1.501
	Мај	21.981	11.958	0.098	5.103	0.047	0.091	0.025	7.980	1.548
	Јун	30.713	11.611	0.085	6.763	0.085	0.102	0.025	7.980	1.260
	Јул	31.685	10.013	0.087	6.755	0.074	0.142	0.025	7.957	1.237
	Август	6.229	7.520	0.077	6.287	0.048	0.100	0.025	8.007	1.295
	Септембар	13.787	7.217	0.070	7.157	0.055	0.157	0.025	7.970	1.289
	Октобар	9.977	9.709	0.073	8.084	0.046	0.079	0.025	7.988	1.376
	Новембар	53.678	23.265	0.114	6.404	0.039	0.109	0.025	7.955	1.815
	Децембар	16.020	6.989	0.087	4.510	0.038	2.087	0.025	7.938	2.138

Ниш										
Година	Месец	Мутноћа, NTU	ХПК (KMnO ₄), mg/l	Амонијак NH ₃ , mg/l	Нитрати. NO ₃ ⁻ , mg/l	Нитрити NO ₂ ⁻ , mg/l	Гвожђе	Манган	pH	ВРК ₅ , mgO ₂ /l
2017	Јануар	16.887	7.335	0.198	4.931	0.031	0.075	0.025	7.958	3.038
	Фебруар	45.879	12.432	0.126	5.679	0.046	0.180	0.025	7.986	2.483
	Март	18.767	7.911	0.092	4.210	0.031	0.118	0.025	7.937	1.963
	Април	13.632	8.639	0.091	4.560	0.046	0.099	0.025	7.986	1.851
	Мај	16.861	8.525	0.105	5.242	0.078	0.125	0.025	8.006	1.557
	Јун	44.183	12.827	0.095	6.023	0.073	0.118	0.025	8.076	1.976
	Јул	5.790	8.886	0.135	5.349	0.070	0.066	0.025	8.105	1.379
	Август	19.384	13.510	0.119	6.632	0.062	0.051	0.025	8.011	1.121
	Септембар	3.860	9.269	0.086	6.653	0.044	0.064	0.025	8.102	1.402
	Октобар	11.144	9.915	0.096	6.006	0.033	0.062	0.025	8.031	1.617
	Новембар	3.727	8.819	0.086	6.723	0.047	0.049	0.025	8.040	1.997
	Децембар	78.927	21.105	0.112	5.923	0.030	0.112	0.025	7.975	2.170

Ниш										
Година	Месец	Мутноћа, NTU	ХПК (KMnO ₄), mg/l	Амонијак NH ₃ , mg/l	Нитрати. NO ₃ ⁻ , mg/l	Нитрити NO ₂ ⁻ , mg/l	Гвожђе	Манган	pH	ВПК ₅ , mgO ₂ /l
2018	Јануар	8.466	8.859	0.111	5.781	0.043	0.087	0.025	7.969	1.904
	Фебруар	22.411	9.671	0.115	4.436	0.031	0.083	0.025	8.071	2.101
	Март	81.931	16.603	0.119	5.419	0.027	0.167	0.025	7.964	1.791
	Април	28.067	9.743	0.133	5.210	0.036	0.075	0.025	7.991	2.632
	Мај	22.303	10.569	0.117	6.606	0.076	0.090	0.025	8.041	1.715
	Јун	30.277	10.247	0.127	6.967	0.099	0.082	0.026	8.013	2.146
	Јул	47.726	11.705	0.102	6.723	0.075	0.113	0.025	8.045	1.788
	Август	35.410	10.066	0.085	5.055	0.043	0.086	0.025	8.026	2.516
	Септембар	24.233	8.875	0.452	5.738	0.052	0.077	0.027	8.032	1.619
	Октобар	7.512	7.750	0.143	7.977	0.046	0.096	0.025	8.075	1.785
	Новембар	13.890	7.520	0.156	7.900	0.059	0.062	0.025	8.020	1.818
	Децембар	10.357	8.737	0.140	8.377	0.063	0.103	0.025	8.015	2.457

**Прилог 7 – Средње месечне вредности концентрација анализираних параметара
квалитета сирове воде – мерно место Свође**

Свође										
Година	Месец	Мутноћа, NTU	ХПК (KMnO ₄ , mg/l)	Амонијак NH ₃ , mg/l	Нитрати. NO ₃ ⁻ , mg/l	Нитрити NO ₂ ⁻ , mg/l	Гвожђе	Манган	pH	Алуминијум, mg/l
2014	Јануар	2.492	4.975	0.013	1.580	0.001	0.028	0.009	7.860	0.186
	Фебруар	3.307	5.346	0.011	1.424	0.001	0.028	0.007	7.853	0.172
	Март	5.872	6.383	0.021	1.504	0.002	0.046	0.014	7.891	0.152
	Април	87.430	21.793	0.031	1.792	0.002	0.342	0.271	7.522	0.168
	Мај	70.678	16.712	0.018	1.999	0.005	0.432	0.189	7.499	0.180
	Јун	33.987	10.098	0.022	1.427	0.005	0.159	0.082	7.903	0.183
	Јул	164.093	19.975	0.043	1.332	0.005	0.431	0.169	8.148	0.162
	Август	130.827	15.188	0.156	1.599	0.004	0.303	0.238	8.205	0.153
	Септембар	139.427	19.196	0.077	1.734	0.005	0.387	0.241	8.042	0.172
	Октобар	34.996	10.614	0.051	1.460	0.002	0.158	0.019	8.155	0.206
	Новембар	43.984	11.283	0.061	1.485	0.002	0.120	0.035	8.142	0.213
	Децембар	34.776	10.706	0.040	2.141	0.005	0.152	0.035	8.138	0.317

Свође										
Година	Месец	Мутноћа, NTU	ХПК (KMnO ₄ , mg/l)	Амонијак NH ₃ , mg/l	Нитрати. NO ₃ ⁻ , mg/l	Нитрити NO ₂ ⁻ , mg/l	Гвожђе	Манган	pH	Алуминијум, mg/l
2015	Јануар	116.289	15.557	0.049	2.588	0.003	0.358	0.149	8.032	0.317
	Фебруар	34.319	8.747	0.030	2.523	0.004	0.220	0.072	8.164	0.353
	Март	117.367	18.098	0.036	2.491	0.003	0.455	0.135	8.072	0.289
	Април	44.346	10.907	0.029	2.229	0.002	0.252	0.112	8.078	0.237
	Мај	17.907	9.071	0.046	1.774	0.004	0.140	0.046	8.067	0.168
	Јун	19.318	9.778	0.063	1.841	0.006	0.161	0.067	8.055	0.166
	Јул	11.880	8.180	0.058	1.395	0.004	0.115	0.068	8.310	0.201
	Август	10.321	6.919	0.070	1.227	0.003	0.097	0.023	8.043	0.202
	Септембар	13.349	9.568	0.043	1.452	0.003	0.148	0.081	7.817	0.168
	Октобар	27.312	13.819	0.056	1.973	0.003	0.280	0.073	7.852	0.202
	Новембар	12.326	10.019	0.020	1.880	0.003	0.065	0.030	8.021	0.200
	Децембар	4.813	5.576	0.049	1.921	0.006	0.039	0.020	8.060	0.208

Свође										
Година	Месец	Мутноћа, NTU	ХПК (KMnO ₄ , mg/l)	Амонијак NH ₃ , mg/l	Нитрати. NO ₃ ⁻ , mg/l	Нитрити NO ₂ ⁻ , mg/l	Гвожђе	Манган	pH	Алуминијум, mg/l
2016	Јануар	50.068	14.199	0.079	3.409	0.005	0.261	0.087	7.758	0.273
	Фебруар	57.464	10.426	0.027	2.250	0.004	0.148	0.104	7.787	0.249
	Март	36.370	10.806	0.026	2.208	0.003	0.152	0.083	7.776	0.216
	Април	5.142	6.700	0.069	1.078	0.003	0.041	0.022	7.827	0.163
	Мај	29.778	12.700	0.042	1.170	0.006	0.250	0.087	7.627	0.148
	Јун	20.566	11.850	0.021	1.147	0.006	0.173	0.081	7.583	0.186
	Јул	36.200	15.037	0.021	1.287	0.005	0.303	0.103	7.610	0.163
	Август	32.408	14.163	0.027	1.177	0.004	0.338	0.109	7.582	0.172
	Септембар	11.794	8.509	0.024	0.939	0.002	0.127	0.047	7.571	0.196
	Октобар	19.564	11.191	0.033	1.352	0.002	0.205	0.064	7.567	0.225
	Новембар	39.571	13.673	0.041	1.890	0.007	0.258	0.066	8.004	0.230
	Децембар	4.472	5.263	0.021	1.770	0.006	0.052	0.010	8.153	0.256

Свође										
Година	Месец	Мутноћа, NTU	ХПК (KMnO ₄ , mg/l)	Амонијак NH ₃ , mg/l	Нитрати. NO ₃ ⁻ , mg/l	Нитрити NO ₂ ⁻ , mg/l	Гвожђе	Манган	pH	Алуминијум, mg/l
2017	Јануар	50.068	14.199	0.079	3.409	0.005	0.261	0.087	7.758	0.273
	Фебруар	58.999	10.514	0.028	2.254	0.005	0.151	0.107	7.788	0.252
	Март	36.630	10.860	0.026	2.216	0.003	0.152	0.084	7.772	0.215
	Април	5.138	6.653	0.067	1.107	0.003	0.042	0.021	7.831	0.163
	Мај	29.352	12.660	0.042	1.170	0.006	0.250	0.087	7.628	0.148
	Јун	20.831	11.866	0.021	1.141	0.006	0.176	0.083	7.588	0.186
	Јул	36.210	15.018	0.021	1.285	0.005	0.295	0.101	7.607	0.163
	Август	32.488	14.228	0.028	1.180	0.004	0.345	0.108	7.580	0.173
	Септембар	11.908	8.547	0.024	0.948	0.002	0.131	0.051	7.578	0.194
	Октобар	19.593	11.167	0.033	1.335	0.002	0.205	0.064	7.566	0.222
	Новембар	39.355	13.703	0.041	1.862	0.007	0.258	0.062	7.985	0.233
	Децембар	4.775	5.293	0.022	1.785	0.006	0.052	0.013	8.151	0.255

Свође										
Година	Месец	Мутноћа, NTU	ХПК (KMnO ₄ , mg/l)	Амонијак NH ₃ , mg/l	Нитрати. NO ₃ ⁻ , mg/l	Нитрити NO ₂ ⁻ , mg/l	Гвожђе	Манган	pH	Алуминијум, mg/l
2018	Јануар	12.583	7.692	0.037	1.821	0.004	0.111	0.010	8.055	0.018
	Фебруар	49.041	12.015	0.037	1.664	0.003	0.282	0.035	8.150	0.018
	Март	140.381	18.905	0.059	1.750	0.002	0.669	0.121	8.150	0.009
	Април	41.026	11.062	0.062	1.434	0.004	0.226	0.041	8.073	0.019
	Мај	36.161	10.636	0.080	0.898	0.005	0.132	0.035	7.900	0.016
	Јун	83.970	19.454	0.099	1.292	0.008	0.411	0.075	7.901	0.009
	Јул	59.147	18.300	0.091	1.088	0.003	0.339	0.070	7.645	0.013
	Август	48.100	15.426	0.118	1.002	0.004	0.257	0.083	7.931	0.041
	Септембар	13.874	8.810	0.105	0.819	0.001	0.120	0.014	8.027	0.015
	Октобар	4.402	6.314	0.046	0.902	0.002	0.034	0.004	7.934	0.004
	Новембар	6.422	7.218	0.053	1.053	0.003	0.065	0.004	7.917	0.005
	Децембар	17.275	9.281	0.053	1.698	0.003	0.114	0.029	7.770	0.007

БИОГРАФИЈА АУТОРА

Сандра М. Станковић, рођена је у Нишу, где је завршила основну школу и гимназију „Бора Станковић“ – природно-математички смер. Основне академске студије завршила је на Факултету заштите на раду у Нишу, смер Инжењерство заштите радне и животне средине, 2013. године са просечном оценом 8,55. Током основних студија два пута је награђивана *CEI* стипендијом у оквиру програма „*Cross- Border Cooperation in Regional Development of Albania, Montenegro and Serbia by Rural Tourism*“ 2012. године и „*ICT and Innovative Strategies for Sustainable Development – Application in the West Balkans*“ и 2011. године на Факултету за поморство, Универзитет Црне Горе, у Котору. Мастер академске студије завршила је на истом факултету, на смеру Управљање комуналним системом 2015. године, са просечном оценом 9,10 и одбрањеним мастер радом под називом „Зелени кровови као мера адаптације на промене климе“. У јуну 2014. године, проглашена је за најбољег студента мастер студија на Факултету заштите на раду у Нишу. У децембру 2015. године уписала је докторске академске студије на студијском програму Инжењерство заштите животне средине. Године 2019, као *CEEPUS* стипендиста програма CIII-RS-1112, вршила је истраживања у области вода на Универзитет у Бечу „*University of Natural Resources and Life Sciences, Vienna (BOKU)*“.

Своју пословну каријеру започела је у марту 2017. године у Иновационом центру Универзитета у Нишу, где је била ангажована као сарадник на иновационим пројектима, а од 2019. године и као истраживач-сарадник, закључно са септембром 2020. године. У јуну 2021. постала је асистент на Академији техничко-васпитачких струковних студија, Одсек Ниш, а од фебруара 2022. године постављена је за Руководиоца лабораторије за заштиту животне средине у истоименој установи. У јуну 2022. године положила је стручни испит за обављање послова безбедности и здравља на раду. У мају 2020. године стекла је *Lean Six Sigma Yellow Belt* – сертификат. Чланица је Европског друштва инжењера заштите (*The European Society of Safety Engineers – ESSE*), *SDEWES* центра, као и Светског омладинског парламента за област вода (*World Youth Parliament for Water*). Кординатор је и менаџер догађаја „*EcoLogic Expo*“, који се уз подршку Европске комисије реализује у оквиру ЕУ Зелене недеље у Нишу од јуна 2023. године.

До сада је публиковала преко 30 радова у међународним и националним часописима, као и међународним и националним научним конференцијама.

ИЗЈАВА О АУТОРСТВУ

Изјављујем да је докторска дисертација, под насловом:

МОДЕЛ ОДРЖИВОГ УПРАВЉАЊА ВОДНИМ РЕСУРСИМА У УСЛОВИМА ЕКСТРЕМНИХ ХИДРОЛОШКИХ ПОЈАВА

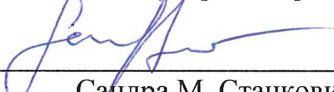
која је одбрањена на Факултету заштите на раду у Нишу Универзитета у Нишу:

- резултат сопственог истраживачког рада,
- да ову дисертацију, ни у целини, нити у деловима, нисам пријављивала на другим факултетима, нити универзитетима,
- да нисам повредила ауторска права, нити злоупотребила интелектуалну својину других лица.

Дозвољавам да се објаве моји лични подаци, који су у вези са ауторством и добијањем академског звања доктора наука, као што су име и презиме, година и место рођења и датум одбране рада, и то у каталогу Библиотеке, Дигиталном репозиторијуму Универзитета у Нишу, као и у публикацијама Универзитета у Нишу.

У Нишу, 09.09.2024. године.

Потпис аутора дисертације:


Сандра М. Станковић

**ИЗЈАВА О ИСТОВЕТНОСТИ ШТАМПАНОГ И ЕЛЕКТРОНСКОГ
ОБЛИКА ДОКТОРСKE ДИСЕРТАЦИЈЕ**

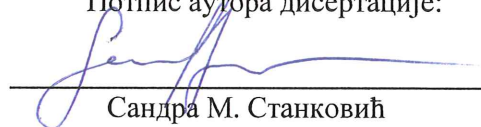
Наслов дисертације:

**МОДЕЛ ОДРЖИВОГ УПРАВЉАЊА ВОДНИМ РЕСУРСИМА У
УСЛОВИМА ЕКСТРЕМНИХ ХИДРОЛОШКИХ ПОЈАВА**

Изјављујем да је електронски облик моје докторске дисертације, коју сам предао за уношење у Дигитални репозиторијум Универзитета у Нишу, истоветан штампаном облику.

У Нишу, 09.09.2024. године.

Потпис аутора дисертације:



Сандра М. Станковић

ИЗЈАВА О КОРИШЋЕЊУ

Овлашћујем Универзитетску библиотеку „Никола Тесла“ да у Дигитални репозиторијум Универзитета у Нишу унесе моју докторску дисертацију, под насловом:

МОДЕЛ ОДРЖИВОГ УПРАВЉАЊА ВОДНИМ РЕСУРСИМА У УСЛОВИМА ЕКСТРЕМНИХ ХИДРОЛОШКИХ ПОЈАВА

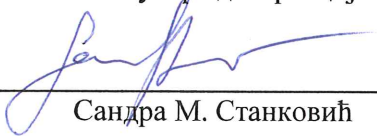
Дисертацију са свим прилозима предао/ла сам у електронском облику, погодном за трајно архивирање.

Моју докторску дисертацију, унету у Дигитални репозиторијум Универзитета у Нишу, могу користити сви који поштују одредбе садржане у одабраном типу лиценце Креативне заједнице (Creative Commons), за коју сам се одлучио/ла.

1. Ауторство (CC BY)
2. Ауторство – некомерцијално (CC BY-NC)
3. Ауторство – некомерцијално – без прераде (CC BY-NC-ND)
4. Ауторство – некомерцијално – делити под истим условима (CC BY-NC-SA)
5. Ауторство – без прераде (CC BY-ND)
6. Ауторство – делити под истим условима (CC BY-SA)

У Нишу, 09.09.2024.

Потпис аутора дисертације:


Сандра М. Станковић