

УНИВЕРЗИТЕТ У БЕОГРАДУ

ГЕОГРАФСКИ ФАКУЛТЕТ

Мр Драгана П. Милијашевић

**ФИЗИЧКОГЕОГРАФСКИ ФАКТОРИ
ВОДНОГ БИЛАНСА И МОГУЋНОСТИ
ОДРЖИВОГ КОРИШЋЕЊА ВОДНИХ
РЕСУРСА У СЛИВУ ТИМОКА**

докторска дисертација

Београд, 2014.

UNIVERSITY OF BELGRADE

FACULTY OF GEOGRAPHY

Dragana P. Milijašević, MSc

**PHYSICAL GEOGRAPHIC FACTORS OF
THE WATER BALANCE AND THE
POSSIBILITIES FOR A SUSTAINABLE
USE OF WATER RESOURCES IN THE
TIMOK RIVER BASIN**

Doctoral Dissertation

Belgrade, 2014

Ментор:

Др Љиљана Гавриловић, редовни професор
Универзитет у Београду, Географски факултет

Чланови комисије:

Датум одбране докторске дисертације:

ЗАХВАЛНИЦА

Захваљујем се свима који су ми на било који начин олакшали рад на изради дисертације и који су својим залагањем и несебичношћу допринели да она угледа светлост дана.

Посебно се захваљујем менторки, проф. др Љиљани Гавриловић, за њено стрпљење, разумевање и указаној части и поверењу да будем њен кандидат. Захваљујем јој се и на саветима и сугестијама који су ме усмеравали током израде дисертације.

Драго ми је да могу да изразим захвалност проф. др Ненаду Живковићу на помоћи и сугестијама.

Драгоцену подршку и помоћ пружиле су ми колеге из Географског института „Јован Цвијић“ САНУ Драгољуб Штрбац и мр Марко Урошев, због чега им изражавам велику захвалност.

Физичкогеографски фактори водног биланса и могућности одрживог коришћења водних ресурса у сливу Тимока

Резиме

Основни циљ истраживања у оквиру ове дисертације је постављање научно релевантних, теоријско исправних и апликативно прихватљивих основа вредновања физичкогеографских фактора водног биланса у функцији одрживог коришћења водних ресурса у сливу Тимока.

Задаци истраживања се, пре свега, односе на изналажење најрелевантнијих узрочно-последичних веза и односа фактора природне средине и водних ресурса, као и водних ресурса и њиховог одрживог коришћења.

Познавање елемената речних режима и биланса представља неопходан предуслов оптималног коришћења површинских вода.

С обзиром на сложеност и обим предмета истраживања, у раду је постојала потреба за применом одговарајућих метода погодних за постављање полазних хипотеза, доказивање ставова, проверавање и обликовање научних закључака до којих се у раду желело доћи.

У раду се тежило својеврсном доприносу методологији и унапређењу логичко-сазнајног поступка при чему су објективност, прецизност и практична примењивост добијених резултата били у фокусу. Допринос је дат описивањем, систематизацијом, објашњењима и новим подацима, као и чињеницом да се водни биланс и одрживо коришћење водних ресурса посматрају у просторном контексту и у узрочно-последичном односу међузависности.

Водни режим је анализиран на основу података измерених на 10 хидролошких станица у сливу. Анализа средњемесечних и годишњих водостаја река у сливу је показала да је континуалност кретања водостаја током године условљена заједничким дејством плувијалног и нивалног чиниоца.

Тимок припада рекама са плувио-нивалним режимом умерено-континенталне варијанте. Режим протицаја Тимока је у директној зависности од режима протицаја његових саставница, Белог и Црног Тимока. Амплитуда протицаја показује да је максимални средњемесечни протицај 12,1 пута већи од

минималног средњемесечног протицаја, што указује на неуједначен режим протицаја.

Урађена је прогноза обезбеђења воде у рекама и добијени су максимални и минимални протицаји за вероватноће појаве од 0,01 до 99,9%. На основу добијених резултата конструисана је крива вероватноће појављивања малих и великих вода за одређене профиле у сливу Тимока.

Најиздашнији делови слива су изворишта река која су у планинама и под карстом. Распоред отицања у сливу је неповољан, што се веома лоше одражава на коришћење вода, јер је ње најмање у оним деловима слива где су потребе за водом највеће.

Распоред отицања у току године по месецима и годишњим добима врло је неуједначен и неповољан. Најмање воде отиче и површинским и подземним путем у лето и јесен, у августу, септембру и октобру, а највише у пролеће, у марту и априлу. У појединим деловима слива однос између површинског и подземног отицања је различит. Утврђено је да се са порастом надморске висине слива подземни отицај повећава на рачун површинског.

Са површине слива Тимока отиче просечно око $23,56 \text{ m}^3/\text{s}$ воде, што на годишњем нивоу износи $743,55 \cdot 10^6 \text{ m}^3$ воде. То је око 3 768 m^3 воде годишње на једног становника слива. Србија располаже са 1 709 m^3 сопствене воде по становнику годишње, што је 2,2 пута мање од расположиве воде по човеку у сливу Тимока. Ово привидно велико богатство у количини површинске воде је мање резултат велике издашности слива, која је на нивоу просека за целу државу, а више малог броја становника и мале густине насељености, која је два пута мања од средње густине насељености у Србији. Највећа густина насељености је у сливу Сврљишког и Црног Тимока, а последица је утицаја градова Књажевца и Зајечара. Најмања је у сливу Трговишког Тимока, јер је слив ове реке развијен на падинама Старе планине. Из истих разлога, расположива количина воде по становнику годишње је далеко највећа у сливу Трговишког Тимока, око 11 184 m^3 , а најмања у сливу Сврљишког Тимока, око 3 006 m^3 , па су нужне прерасподеле воде, што се може постићи усмеравањем вода из једног у други слив изградњом регионалних водопривредних система.

Примена индикатора *Српски индекс квалитета воде и индекс експлоатације воде* може представљати значајан помак у одрживом коришћењу водних ресурса у сливу Тимока. Њихова примена доприноси систематичном прикупљању релевантних и квалитетних података за коришћење у практичне сврхе.

Друштвени и привредни развој у сливу Тимока требало би да буде праћен одрживим развојем водних ресурса који подразумева међусобну зависност коришћења вода, заштите вода и заштите од вода јер би се тиме допринело целокупном развоју друштва.

Кључне речи: слив Тимока, фактори отицања вода, водни режим, водни биланс, одрживо коришћење водних ресурса.

Научна област: Географија

Ужа научна област: Физичка географија

УДК: 910 : 911.2 (497.11)

Physical Geographic Factors of the Water Balance and the Possibilities for a Sustainable Use of Water Resources in the Timok River Basin

Summary

The main purpose of the body of research presented in this thesis is to establish scientifically relevant, theoretically correct and applicatively acceptable bases for the evaluation of physical geographic factors of the water balance with the aim of achieving a sustainable use of water resources in the Timok River Basin.

The tasks of the study are primarily related to identifying the most relevant causal connections and relations between environmental factors and water resources, as well as those between water resources and their sustainable use.

The knowledge of the elements of river regimes and balances is a necessary precondition for an optimal use of surface waters.

Having in mind the complexity and the scope of the subject of research, it was necessary to apply appropriate methods in order to define the initial hypotheses, prove the postulates, test and shape scientific conclusions towards which this study has led us.

This thesis seeks to contribute to the methodology and improve the logical cognitive procedure, while laying focus on objectivity, accuracy and practical applicability of the results. The contribution consists in descriptions, systematization, explanations and new data, as well as the fact that the water balance and sustainable use of water resources are analyzed in a spatial context, taking into account the causal relationship between interdependent variables.

The water regime is analyzed on the basis of data measured at ten hydrological stations in the basin. The analysis of average monthly and annual water levels in the river basin has shown that continuous water level fluctuations during the year are a result of a joint effect of pluvial and nival factors.

The Timok belongs to rivers with a moderately continental pluvio-nival regime. Its flow regime directly depends on the flow regimes of its constituent tributaries, the Beli Timok and the Crni Timok. The amplitude of the flow shows that the maximum average monthly flow is 12.1 times higher than the minimum average monthly flow, indicating an uneven flow regime.

A river water security forecast has been performed and the maximum and minimum flows for the occurrence probabilities between 0.01 and 99.9% have been calculated. Based on the obtained results, the probability curve for the occurrence of low and high water levels for certain profiles in the Timok River basin has been constructed.

The most water-abundant parts of the basin are the river sources located in mountains and under karst layers. The runoff rhythm in the basin is unfavourable, which has a very bad impact on water use, because those parts of the basin where there is the least water coincide with the areas where water needs are the greatest.

The monthly and seasonal runoff distribution over a year is rather uneven and unfavourable. The surface and underground runoff is the lowest in summer and autumn – in August, September and October; it is the highest in spring – in March and April. In some parts of the basin, the relationship between surface and underground runoff is different. It has been established that with the increase of altitude underground runoff increases at the expense of surface runoff.

The average surface runoff in the Timok basin is $23.56 \text{ m}^3/\text{s}$, which annually amounts to $743.55 \cdot 10^6 \text{ m}^3$ of water, i.e. about $3\,768 \text{ m}^3$ of water annually per resident in the basin. Serbia now has $1\,709 \text{ m}^3$ of water per capita per year, which is 2.2 times less than the available water per capita in the Timok River basin. This seemingly great abundance in the amount of surface water is to a lesser degree a result of the great water abundance in the basin, which is approximately equal to the national average, but rather of the small population and low population density, which is two times lower than the average population density in Serbia. The population density is the highest in the basins of the Svrljiški Timok and the Crni Timok, due to the impact of the towns of Knjaževac and Zaječar. It is the lowest in the basin of Trgoviški Timok because the basin of this river is mainly located on the slopes of Stara Planina. For the same reasons, the amount of water available per capita per year is by far the largest in the basin of Trgoviški Timok – about $11\,184 \text{ m}^3$, and the lowest in the basin of Svrljiški Timok – about $3\,006 \text{ m}^3$. Accordingly, water redistribution is required and it can be achieved by directing water from one basin into another through regional water resources systems, which are yet to be constructed.

The application of the indicators known as the *Serbian Water Quality Index* and *Water Exploitation Index* may be a significant improvement in sustainable use of water resources in the Timok basin. Their application contributes to the systematic collection of relevant and quality data for practical use.

The social and economic development in the Timok River basin should be accompanied by a sustainable development of water resources, which implies an interdependence of water use, water protection and protection from water; this would contribute to an overall development of the society.

Keywords: Timok River basin, runoff factors, water regime, water balance, sustainable use of water resources.

Scientific field: Geography

Field of Academic Expertise: Physical Geography

UDK: 910 : 911.2 (497.11)

САДРЖАЈ

1. УВОД.....	1
1.1. Дефинисање предмета истраживања	2
1.2. Циљеви и задаци истраживања	2
2. ПРЕГЛЕД ДОСАДАШЊИХ ИСТРАЖИВАЊА	5
3. МЕТОДОЛОГИЈА ИСТРАЖИВАЊА.....	8
4. ГЕОГРАФСКИ ПОЛОЖАЈ СЛИВА ТИМОКА	12
5. ФИЗИЧКОГЕОГРАФСКА СВОЈСТВА СЛИВА.....	16
5.1. Литолошки састав	16
5.2. Хидрогеолошка својства	20
5.3. Рељеф	24
5.4. Климатске карактеристике	29
5.4.1. Средње месечне и годишње температуре ваздуха.....	31
5.4.2. Апсолутно максималне и минималне температуре ваздуха.....	32
5.4.3. Број дана са карактеристичним температурама.....	34
5.4.4. Трајање сунчевог сјаја и облачност.....	36
5.4.5. Ветрови.....	37
5.4.6. Падавине.....	38
5.5. Педолошки састав	45
5.6. Вегетација	46
6. ХИДРОЛОШКА СВОЈСТВА СЛИВА	50
6.1. Подземне воде	50
6.2. Речни систем Тимока	53
6.3. Хидрографска мрежа слива	61
6.4. Морфометријске карактеристике	69
6.5. Водне акумулације	79
6.6. Водни режим	83
6.6.1. Изворна база података	83
6.6.2. Протицај	86
6.6.3. Водостај	123
6.6.4. Специфични отицај	128

7. ВОДНИ БИЛАНС	134
7.1. Површинско и подземно отицање и рашчлањење хидрограма	134
7.2. Водни биланс слива Сврљишког Тимока	161
7.3. Водни биланс слива Трговишког Тимока	161
7.4. Водни биланс Белог Тимока до профила Књажевац	164
7.5. Водни биланс Белог Тимока до профила Вратарница	164
7.6. Водни биланс Белог Тимока до профила Зајечар	166
7.7. Водни биланс слива Грлишке реке	169
7.8. Водни биланс слива Црног Тимока до профила Боговина	169
7.9. Водни биланс слива Злотске реке до профила Злот	171
7.10. Водни биланс слива Црног Тимока до профила Гамзиград	171
7.11. Водни биланс Тимока	172
8. КВАЛИТЕТ ВОДА У СЛИВУ	176
8.1. Извори загађења	176
8.2. Стање квалитета вода	179
8.3. Заштита вода од загађења	186
9. МОГУЋНОСТИ ОДРЖИВОГ КОРИШЋЕЊА ВОДНИХ РЕСУРСА У СЛИВУ ТИМОКА	189
9.1. Вода и одрживи развој	189
9.2. Облици коришћења вода	192
9.2.1. Водоснабдевање насеља и индустрије	193
9.2.2. Наводњавање	199
9.2.3. Хидроенергетика	200
9.3. Стратегије и програми одрживог коришћења водних ресурса	203
9.4. Концепти и примена индикатора одрживог развоја	205
10. ПРИМЕНА ГЕОГРАФСКИХ ИНФОРМАЦИОНИХ СИСТЕМА У ХИДРОЛОШКИМ ИСТРАЖИВАЊИМА СЛИВА ТИМОКА	212
10.1. Израда базе података за слив Тимока	213
10.2. Презентовање резултата применом ГИС технологије	215
11. ЗАКЉУЧАК	220
СПИСАК ТАБЕЛА.....	226
СПИСАК СЛИКА.....	229
ЛИТЕРАТУРА.....	234
БИОГРАФИЈА.....	245

1. УВОД

Тимок је последња притока Дунава у нашој земљи и највећа река у источној Србији. Са Белим Тимоком и његовом дужом саставницом, Сврљишким Тимоком, има дужину тока од 207,7 km. Његов слив се простире између Дунава на северу и Нишаве на југу, Старе планине на истоку и Велике и Јужне Мораве на западу. Низом особености убраја се у значајне токове Србије, али са присутним бројним и разноврсним проблемима рационалног и одрживог коришћења водних ресурса у сливу и њихове загађености и заштите.

Археолошка налазишта, смештена дуж читаве тимочке долине, сведоче о присуству човека у овим крајевима дуги низ година и пре наше ере, почев од раног каменог доба. Из тог времена вероватно потиче и назив реке Тимок. Светислав Првановић, анализирајући његово порекло говори о томе да је оно из санскрита и представља сложеницу од две речи: „...ТЪМ (таман, мутан, црн) и акуа (вода, река). То значи да је првобитно, преисторијско име Тимока по смислу истоветно са именом Црна река. Дубоку старину имена Тимок и Тимочанин потврђује један несумњиво поуздан историјски извор, стар око 2 000 година. То је запис римског писца Плинија старијег о Трачанима, најстаријем познатом народу у источној половини Балкана. Како се из тог записа види, 29. год. пре н. е., кад су Трачани коначно покорени од стране Римљана, најпознатија њихова племена у Подунављу били су Трибали, Мези и Тимаси. Седиште Тимаха било је измађу данашњег Видина и доњег Тимока, који су они називали Тимахос. Римљани су, трачко има Тимахос променили у Тимакус (Timacus). Они су по њему назвали и своја два важна стратегијска утврђења, градове Timacum Maius (Велики Тимок) и Timacum Minus (Мали Тимок)“. Како даље наводи С. Првановић, утврђење Велики Тимок се налазило на Сврљишком Тимоку, а Мали Тимок на Белом Тимоку код данашњег села Равне. Римљани су у овој области држали поред редовне посаде и своје помоћне трупе у чији састав су улазили мештани, тако да су се и саме трупе називале Timacenses auxilarii (Тимочка помоћна војска). „Значи да су они то име, настало у далекој давнини близу Дунава, прихватили и проширили на целу данашњу Тимочку крајину, као име њених река, градова, војних јединица итд.”(Првановић, 1961).

1.1. Дефинисање предмета истраживања

У току последњих двадесет година потребе за водом су посебно изражене, а тиме и наглашена потреба познавања водних ресурса, њихово рационално и одрживо коришћење. Разлоге за овакво стање треба тражити првенствено у повећању броја становника и све већим захтевима за водом у пољопривредној и индустријској производњи.

Предмет дисертације представља израда биланса површинских вода у сливу Тимока. За то је била потребна детаљна анализа бројних физичкогеографских фактора (литолошких, хидрогеолошких, педолошких, биогеографских, геоморфолошких, климатских, хидролошких), који на основне елементе водног биланса утичу појединачно или удружено, директно или посредно. То треба да омогући оцену расположивости водних ресурса и определи адекватан избор решења њиховог коришћења. Познавање елемената речних режима и биланса представља неопходан предуслов оптималног коришћења површинских вода.

Докторска дисертација подразумева разматрање и одређивање морфометријских карактеристика слива, анализу речних режима и квалитета вода у речним токовима и акумулацијама. Такође, слив Тимока је урађен у дигиталној форми ради израде одговарајућег географског информационог система (ГИС-а) за проучавани простор, што је послужило за израду одређених карата. Детаљно је анализирана и досадашња методологија која је примењивана у оцени стања водних ресурса. Део података, који су били потребни за израду рада, прикупљени су од стране аутора мерењима и посматрањима на терену.

1.2. Циљеви и задаци истраживања

Основни циљ истраживања у оквиру ове дисертације је постављање научно релевантних, теоријско исправних и апликативно прихватљивих основа вредновања физичкогеографских фактора водног биланса у функцији одрживог коришћења водних ресурса у сливу Тимока.

Путем научне дескрипције, класификације, систематизације и генерализације разноврсне научне грађе, објашњења природних услова, садашњег

стања водних ресурса и сагледавања перспектива њиховог одрживог коришћења, остварени су и сагледани посебни научни циљеви:

- утврђивање степена утицаја појединих физичкогеографских фактора на промену водног биланса;
- просторно-временска дистрибуција утицаја физичкогеографских фактора на водни биланс;
- детерминисање степена зависности између најважнијих компонената водног биланса;
- утврђивање закономерности отицања вода у простору и времену;
- утврђивање водних ресурса у сливу Тимока;
- сагледавање значаја водних ресурса у сливу Тимока са аспекта одрживог и праведног управљања водним ресурсима у сливу Дунава;
- дефинисање смерница за одрживо коришћење водних ресурса у сливу Тимока;
- сагледавање перспективе одрживог и рационалног коришћења, заштите и очувања водних ресурса у складу са потребама заједнице и приоритетима у оквиру националне политике привредног развоја.

Задаци истраживања проистичу из унапред утврђеног предмета проучавања, постављених циљева и научно проверених чињеница из статистичких извора, литературе, сетова карата (топографских, педолошких, геолошких, хидрогеолошких, орохидрографских) и увида у стање на терену. Пре свега, односе се на изналажење најрелевантнијих узрочно-последичних веза и односа фактора природне средине и водних ресурса, као и водних ресурса и њиховог одрживог коришћења.

Основни задаци истраживања су следећи:

- приказ усвојене методологије и дефинисање предмета који треба да буду улазне информације за одређивање стања водних ресурса;
- израда базе података сливова (геоморфолошких, климатских, хидролошких);
- анализа појединих физичкогеографских фактора;

- анализа дугорочних варијација и промена основних компоненти водног биланса;
- приказ просторне дистрибуције елемената водног биланса;
- еколошко-географско вредновање елемената и фактора природне средине, као сложених геопросторних импулса у функцији одрживог коришћења водних ресурса;
- предлози за адекватну заштиту хидролошких објеката у сливу Тимока;
- израда ГИС-а на основу расположивих података из формираних база и осматрања са терена;

2. ПРЕГЛЕД ДОСАДАШЊИХ ИСТРАЖИВАЊА

Први покушај упознавања режима Тимока датира још из 1923. године. Тада су постављени први водомери у сливу, и то у Књажевцу на Белом Тимоку и у Зајечару на Белом и Црном Тимоку, и отпочела редовна осматрања водостаја и протицаја. У наредним годинама постављани су вертикални водомери и лимниграфи и у другим местима на Тимоку и његовим притокама.

У другој половини XIX века започето је организовање метеоролошке службе на анализираном подручју. Подаци осматрања на хидролошким и метеоролошким станицама у сливу Тимока омогућили су проучавање Тимока и његових притока на широј научној основи.

Један од првих приказа водних режима дао је словеначки географ С. Илешич у своме раду „Речни режими у Југославији“ објављеном 1947. године. Аутор је Тимок сврстао у умерено-континенталну варијанту плувио-нивалног режима. Д. Дукић је допунио Илешичеву студију о водним режимима у Југославији изохронским картама на којима је приказано време појављивања I минимума и I максимума средњих месечних водостаја и њихово територијално распрострањење на рекама (Дукић, 1954).

У раду „Хидрографске особине источне Србије“, Д. Дукић (1975) је дао детаљан опис највећих токова у сливу Тимока, а на основу средњемесечних протицаја је одредио да Тимок, његове саставнице и веће притоке имају плувио-нивални режим умерено-континенталне варијанте. За 13 профила у сливу Тимока дао је приказ главних компоненти водног биланса у периоду од 1951–1970. године. Као главне водопривредне проблема аутор је навео уравнотежење протицаја уз санацију терена угрожених убрзаном ерозијом, водоснабдевање насеља и индустрије и заштиту водотока од загађења. Посебно је наглашен проблем катастрофалног загађења Борске реке.

Детаљнија анализа режима Тимока дата је у монографији Д. Дукића „Воде СР Србије“ (1977), која осим водног режима подједнако третира и друге важне хидролошке особине река.

С. Станковић је 1966. године у раду под називом „Режим Белог Тимока“ анализирао физичкогеографске факторе режима и водни режим Белог Тимока.

У докторској дисертацији Ј. Динића „Природни услови и богатства у сливу Белог Тимока“ (1967) делимично су приказане карактеристике режима протицаја у сливу Белог Тимока као и главни водопривредни проблеми овог слива. Овај аутор је у књизи „Природни потенцијал Србије“ (1997) приказао средњемесечне вредности протицаја Тимока на ушћу у Дунав и Црног Тимока код Зајечара у периоду 1946–1970. године. Истиче и бујичарски карактер режима Црног Тимока на основу амплитуде екстремних (минималних и максималних) протицаја.

Водопривредни проблеми у сливу Тимока третирају се од стране многих аутора, али углавном као саставни део већих студија. Институт за водопривреду „Јарослав Черни“ из Београда је 1969. године урадио „Водопривредну основу водног подручја слива Тимока“ у којој је дата и шира анализа ових проблема. Године 1989. овај институт је урадио и најдетаљнију студију о снабдевању водом овог дела Србије под називом „Дугорочно водоснабдевање међуопштинске регионалне заједнице Зајечар“. Анализирани су природни услови, речни режим, режим подземних вода, коришћење вода, потенцијална изворишта и акумулације.

В. Јовановић је 1984. године у магистарској тези под називом „Речни режими и водопривредни проблеми у сливу Тимока“ анализирао речни режим у двадесетогодишњем периоду (1961–1980. година), као и бројне водопривредне проблеме у сливу. Ауторка је користила грађу са 11 падавинских станица, 3 климатолошке станице и 8 хидролошких станица.

Н. Живковић (1995) је у монографији „Утицај физичко-географских фактора на висину отицаја у Србији“ анализирао факторе који утичу на варијацију отицаја. Најважнији елемент целокупне анализе је протицај, односно његове трансформације у висину отицаја или специфични отицај. Аутор је издвојио 8 хидролошких региона који су хомогени за однос падавине–отицај. Међу издвојеним регионима је и Тимочки хидролошки регион који је одређен сливом Тимока, Нишаве (без Јерме) и притокама Дунава у Крајини и Кључу. Истраживањем су првенствено обухваћени мали сливови (нпр. слив Сиколске, Злотске и Грлишке реке).

У оквиру редовне делатности Хидрометеоролошког завода СР Србије урађена је 1987. године хидролошка студија под називом „Карактеристичне воде Великог Тимока“, заснована на резултатима мерења, осматрања и основних

обрада у периоду 1950–1985. година. У студији су обрађени водостаји, протицаји и падавине. Подаци су анализирани у виду просечних месечних и годишњих вредности.

Осим побројаних, постоје и други радови који третирају различита хидролошка питања појединих сектора Тимока или мањих области у његовом сливу. Неки од тих радова коришћени су при решавању одређених проблема у овој студији.

3. МЕТОДОЛОГИЈА ИСТРАЖИВАЊА

С обзиром на сложеност и обим предмета истраживања, у раду је постојала потреба за применом одговарајућих метода погодних за постављање полазних хипотеза, доказивање ставова, проверавање и обликовање научних закључака до којих се у раду желело доћи. Примењени су научни поступци својствени дисциплинама у којима се методологија образује у виду теорије научног открића, развоја научног сазнања и научног предвиђања. Методе истраживања одабране су сходно постављеним циљевима и структури рада.

Анализа и синтеза су нашли примену у раду у смислу поступака којима се обезбеђује сазнање о јединству делова и целине. Метода анализе подразумева поступак истраживања физичкогеографских и хидролошких својстава слива, као и квалитета вода у сливу, путем рашчлањивања на једноставније елементе и њихово појединачно проучавање како би се издвојили елементи који су од битне важности за истраживања. Научна синтеза је допринела откривању и доказивању реалних функционалних односа међу елементима истраживања, али и њиховом каузалном повезивању. Синтеза је омогућила да се истраживање сагледа у целини, спајањем и прожимањем, анализом издвојених елемената.

Метода корелације подразумева упоредно извођење закључака о узајамним односима диференцираних физичкогеографских и антропогених фактора и интензитета насталих промена. То је допринело дефинисању потенцијалних утицаја различитих фактора на укупно стање водних ресурса у сливу Тимока.

Картографска метода је широко примењена техника за приказивање размештаја и величина елемената, појава и процеса у сливу Тимока. Ова метода је коришћена у свим фазама истраживања и презентације добијених резултата. Приоритет је дат коришћењу топографских карата размера 1:50 000, 1:300 000 и 1:500 000, на чијим основама су урађене тематске карте (хидрографска, геолошка, хипсометријска и друге). Картографском методом је извршено апстраховање елемената и свођење на групе које имају сличне квалитативне, квантитативне, просторне и временске одлике.

Статистичком методом је извршена квантификација стања нумеричких појава и процеса и њихових промена у сливу Тимока. Ова метода је коришћена у

току свих фаза проучавања слива у којима су анализирани нумеричке промене. Статистичком обрадом дошло се до средњих вредности као основне карактеристике климатских елемената и елемената речног режима и водног биланса (аритметичка средина), а непосредно из изворних података су утврђене апсолутно најниже и највише вредности. Затим је уследило научно објашњење свих параметара уз довођење у везу карактеристика које могу бити у узрочно–последичном односу. Тежило се углавном на задржавање на истраживачком периоду 1961–2005. година, а само повремено су тражене паралеле са сличним односима међу станицама и параметрима из неког другог периода.

У проучаваном четрдесетпетогодишњем периоду дешавало се да су недостајали подаци за поједине месеце. По познатим правилима интерполације она се сме вршити само у случајевима када у испитиваном низу недостаје мање од половине података. Стандардно се користи пет метода интерполације: метода аритметичке средине, метода две суседне станице, метода диференција, метода коефицијената и метода матрице (Дуцић и Анђелковић, 2005). У раду је примењена метода аритметичке средине и метода две суседне станице.

Као основни извор статистичких података коришћена је расположива грађа Републичког хидрометеоролошког завода, Републичког завода за статистику и других институција.

За предвиђање великих и малих вода примењена је статистичка метода која се заснива на статистичкој обради података и рачуну вероватноће. За одређивање вероватноће појаве великих и малих вода коришћена је метода серија, при чему су дати нивои највеће велике и најмање мале воде за сваку годину поређани по величини. Пирсонова функција III типа је коришћена за израду криве честине максималних великих и минималних малих вода.

Падавине су одређене методом линеарне регресије преко надморске висине и то тако да коефицијент детерминације буде што виши, а грешка прогнозе што мања. У сливу Тимока издвојени су рејони (Живковић, 2009) за које су урађени модели за процену падавина, одређени њихови параметри (коефицијент детерминације) као и висински градијенти падавина. Установљена је лог-линеарна и линеарна зависност падавина од надморске висине. Екстраполација

падавина до највиших врхова у сливу заснива се углавном на линеарном моделу пораста падавина са висином.

За одређивање водног биланса било је неопходно рашчлањење хидрограма које омогућује да се приближно установи количинско учешће површинских и подземних вода у протицају. У овом раду је за рашчлањење хидрограма прихваћена метода М. И. Љвовича. Разматрајући удео подземних вода у укупном билансу, предложио је више начина раздвајања хидрограма. На анализираним профилима уместо хидрограма за дужи низ година узете су вредности за 4 по водности карактеристичне године, и то: две средњеводне, по једна маловодна и многоводна година. Средњеводне године одговарају просечној годишњој расподели протицаја по месецима. Маловодна и многоводна година одговарају годинама са протицајем обезбеђености од 75–80%, односно 20–25%. Затим је извршена анализа сва 4 хидрограма и планиметрисане њихове укупне површине. На основу величина просечних процентуалних односа површина према годишњем протицају, одређен је удео површинских и подземних вода у протицају река. Испитивања су показала да је овом методом, на основу 4 изабране карактеристичне године, могуће добити поуздане податке о односу између површинског и подземног отицаја за вишегодишњи период (Оцокољић, 1971).

Квалитет воде у сливу је анализиран применом методе Serbian Water Quality Index (Српски индекс квалитета воде). Методом Serbian Water Quality Index десет анализираних параметара (амонијум јон, засићеност кисеоником, укупни азот, БПК₅, суспендоване материје, ортофосфати, електропроводљивост, рН вредност, температура воде и колиформне бактерије) својим квалитетом репрезентују особине површинских вода свдећи их на један индексни број. Удео сваког од наведених параметара нема једнак релативни значај на квалитет воде, због чега сваки од њих има своју тежину и број бодова према уделу у нарушавању квалитета воде.

За конверзију аналогних података о сливу у дигитални облик коришћен је софтверски пакет *MicroStation* и програм *CorelDraw*.

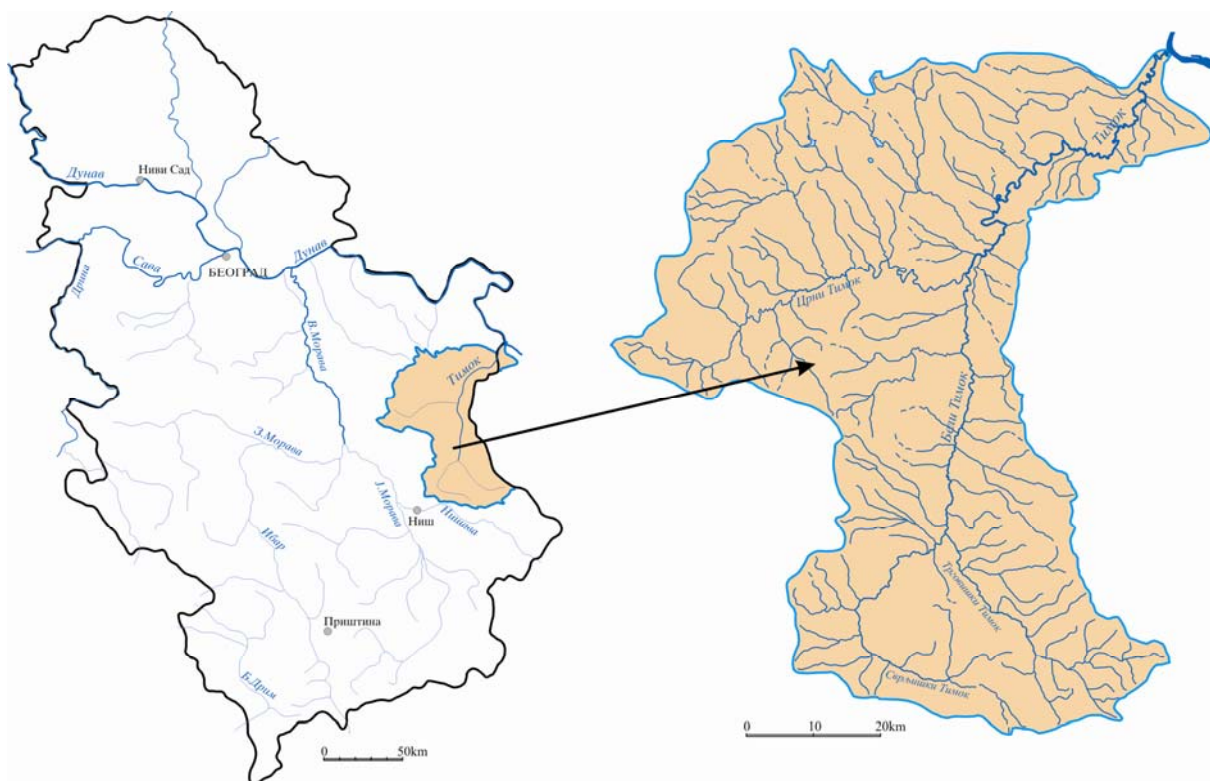
Као основни извор података о сливу изабрана је топографска карта размера 1:50 000. За конверзију одабраних аналогних података карте у векторски облик коришћен је програм *MicroStation*, као *CAD*, са помоћним програмима *I/RAS B* за

рад са црно-белим растерима и *I/RAS C* за рад са колор растерима. Скенирани листови карте су геореференцирани у државном координатном систему Гаус-Кригерове пројекције тростепених зона и модулисаних координата. Као основа за геореференцирање послужиле су теоријске координате темна листова и километарске мреже која се налази на листовима. Грешка при геореференцирању је износила $\delta < 10$ m, односно до 0,2 mm на карти. Затим је издигитализован одабрани садржај (вододелница, изохипсе, хидрографска мрежа). Дигитализацијом наведеног садржаја су на ефикасан начин одређени морфометријски подаци у сливу, који су коришћени у раду. Предност примењене методе у односу на класичне методе за утврђивање морфометријских података је знатно већа прецизност.

Географски информациони систем за слив Тимока је урађен на основу података о морфометријским карактеристикама слива, хидрометријским показатељима река, водном режиму, водном билансу и квалитету воде река. У изради ГИС-а за слив Тимока примењен је софтвер *GeoMedia*. Формирани ГИС је омогућио истовремени приступ геопросторним подацима различитих формата и њихов јединствен приказ ради ефикаснијег прикупљања, обрађивања, анализирања и презентовања података. Као екстерна база података коришћена је *Ms Access* база података. Применом софтвера *GeoMedia* у изради ГИС-а повезана је дигитализована територија слива Тимока из *MicroStation*-а са одговарајућом базом података. Дакле, садржај који је дигитализован у *MicroStation*-у импортован је у *GeoMedia*-у, а затим се приступило прављењу одговарајуће базе података. Дигитализацијом је извршено конвертовање различитих података из аналогног у дигитални облик. Већина векторских података ГИС-а је прикупљена на овај начин. ГИС омогућава повезивање садржаја из базе података са конкретним просторним географским појмовима. Прикупљање података за дефинисану базу података о сливу Тимока укључује више извора информација: *дигитални* – векторизовани скенирани подаци (карте), *скенирани* – подаци у растерском облику (карте), *мерни* – оригинални подаци и др. Визуелни исказ ГИС-а је дигитална картографија која је омогућила геовизуелизацију, анимацију, просторне анализе једноставног преклапања и креирање тематских карата.

4. ГЕОГРАФСКИ ПОЛОЖАЈ И ГРАНИЦЕ СЛИВА

Слив Тимока налази се у источном делу Србије, између $43^{\circ}17'$ и $44^{\circ}12'$ N и $21^{\circ}39'$ и $22^{\circ}44'$ E. Почев од Сврљишке котлине до Дунава има меридијански правац пружања и дуг је 120 km. Средња ширина слива је 99,5 km, а површина слива $4\,566,64\text{ km}^2$. Тимок је највећа река источне Србије и последња притока Дунава у Србији. Настаје у Зајечарској котлини спајањем Белог и Црног Тимока и тече према Дунаву правцем север-североисток. У Дунав се улива на 845,65 речном km и недалеко од споја две реке налази се тремеђа Србије, Бугарске и Румуније. Кота ушћа је на 30 m н.в. и представља најнижу тачку у нашој земљи. Дужина реке износи 207,74 km. Главне притоке долазе са леве стране и тако је образован асиметричан слив – лева страна захвата 77 % његове целокупне површине.



Слика 1 – Географски положај слива реке Тимок у Србији

Укупна дужина вододелнице, према мерењима извршеним на картама ТК 1:50 000, износи 437,18 km, од чега левој страни слива припада 270,60 km, а десној 166,58 km. Средња висина развођа слива Тимока износи 672 m, а највиши је југоисточни део развођа на Старој планини (Тупанар 2077 m н.в.).

Гранични сливови на југу и западу су сливови Јужне и Велике Мораве, а на северозападу сливови Млаве, Пека и Поречке реке. На истоку према Бугарској, граница слива је уједно и државна граница. Најзападнија тачка у сливу налази се на планини Самањац на 770 m н.в. са координатама 21°38'58" E и 43°49'08" N. Најјужнија тачка слива са координатама 22°21'28" E и 43°17'57" N налази се на Рињској планини на 900 m н.в. На северу слив досеже до Дунава, до тачке са координатама 22°40'08" E и 44°12'56" N. Најисточнија тачка налази се у Бугарској, на 100 m н.в. са координатама 22°44'34" E и 44°06'35" N.

Од изворишта ка ушћу, лево развође од врха Јабалка (783 m) води ка западу, а затим југозападу до врха Доња Сулитата (1153 m). Вододелница се пружа у правцу запад–северозапад прелазећи преко гребена Рињске планине и Сврљишких планина до превоја Грамада (602 m). Највише тачке на овом развођу су: Ковина (1205 m), Крушевица (1142 m), Зелени врх (1334 m), Голи врх (1272 m), Жановачки врх (1138 m), Голубињак (1179 m), Плеш (1267 m), Градац (1062 m). Развође се наставља у правцу запада, а од Калафата (838 m), уз мало кривудање, скоро меридијанским правцем од југа према северу. Највише тачке на развођу су: Мечилеп (710 m), Јокински чукар (623 m), Грчева чука (606 m), Јасеновица (834 m), Жеженац (864 m) и Големи врх (951 m). До Средњег врха (898) развође иде ка истоку и поново добија правац југ–север до Мечијег врха (1010 m), а потом до Ртња и врха Шиљак (1570 m) правац развођа је југоисток–северозапад. Према Самањцу развође има правац запад–северозапад, а затим повија ка истоку до В. Градишта (673 m). До врха Хајдучки кладенац (937 m) развође је неодређено, изграђено од тријаских и јурских кречњака и доломита. На овом делу правац развођа је југ–север са највишим тачкама Космати врх (803), Липов врх (821 m) и Беловодски врх (927 m). У правцу север–североисток највише тачке на развођу су Илијин врх (1038 m), Оманиш (1190 m), Оштри камен (1213 m), Кисели врх (1192 m), Кршијора (957 m), Курматура (979 m), Тилва Шушуљајка (1118 m), В. крш (1188 m), Тилва Дубашница (1025 m). Развође се даље пружа преко Црног Врха и

у правцу севера преко висова Голо брдо (928 m), Кулмија (797 m) и Чока Фрасињ (789 m). До ушћа реке правац развођа, са мањим изузетком, је запад–исток. Преко огранака Великог Крша и Дели Јована до ушћа надморска висина развођа се смањује, а највише тачке су Главица (317 m), Мечкова глава (255 m), Сиколске пивнице (266 m) и Чука (137 m).



Слика 2 – Слив Тимока (Прегледно топографска карта 1:300 000, листови Ниш и Пирот.

Београд: Војногеографски институт, 1989. година)

Десно развође од врха Јабалка води ка истоку са мањим одступањима и прелази преко тачака Трестена чука (995 m), Клепатица (883 m) и Дубак (995 m), а затим север – северозапад до Болвана (1429 m). Развође ка Старој планини иде у правцу североистока. Од врха Тупанар (2077 m) на Старој планини, највише тачке на развођу и у сливу, развође има правац север–северозапад са мањим одступањима. На овом делу развође се пружа обронцима Старе планине и државном границом према Бугарској. Највише тачке на овом делу развођа су: Дупљак (2032 m), Големи камен (1969 m), Шиља чука (1711 m), Св. Никола (1376 m), Хајдучки камен (1711 m), Орлов камен (1737 m), Стаменово било (1414 m), Говедарник (1241 m), Трнокоп (1012 m), Голема галама (927 m), Велики Чукар (944 m), Тресак (1000 m), Три кладенца (1100 m) и Бабин нос (1108 m). Вододелница даље иде преко територије Бугарске до града Кирјево, а затим од врха Бордељ (502) ка северу преко врхова Вршка чука (692), Рунтова Могила (408) и Било (395). У правцу севера развође се поклапа са државном границом и прелази преко кота од 373 m, 361 m, 352 m, 259 m. До ушћа у Дунав иде преко територије Бугарске. Највише тачке су коте са висином од 211 m, 202 m, 192 m, 129 m, 166 m, 62 m и 70 m. На дужини од 97,8 km државна граница Србије и Бугарске се поклапа са вододелницом слива.

Слив се налази на територији општина Неготин, Бор, Зајечар, Бољевац, Књажевац и Сврљиг и нема повољан географски положај у односу на главне комуникације у Србији. Бугарски део слива Тимока делимично обухвата општине Ново Село и Брегово.

5. ФИЗИЧКОГЕОГРАФСКА СВОЈСТВА СЛИВА

5.1 Литолошки састав

Територија слива Тимока изграђена је од разноврсних стена магматског, седиментног и метаморфног порекла, различите геолошке старости, од протерозојско камбријских формација до квартарних седимената (слика 3).

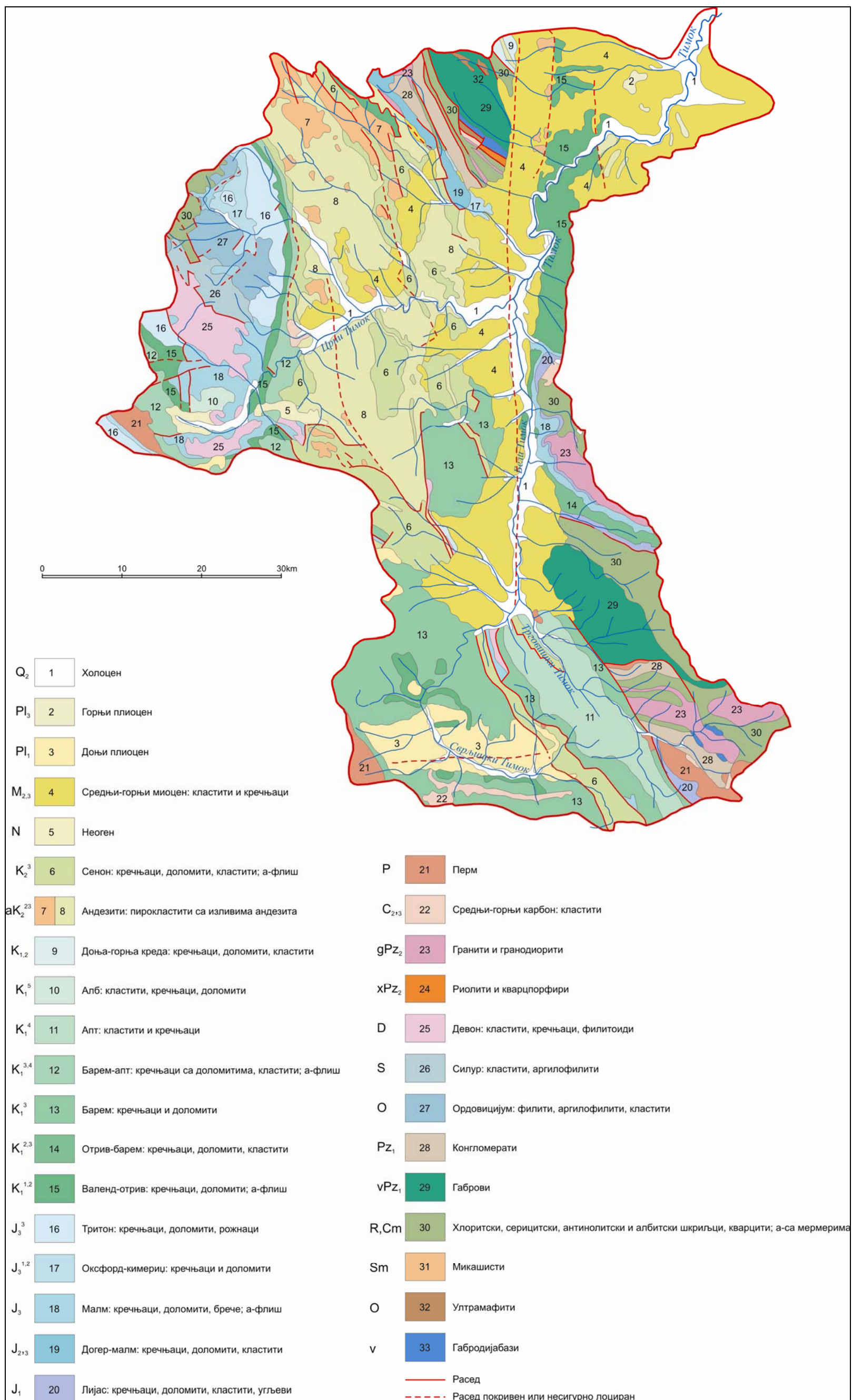
Најстарије стене у сливу припадају прекамбрији. У комплексу ових стена јављају се: микашисти, гнајсеви, амфиболити, амфиболитски шкриљци, филитоиди и зелени шкриљци. Заступљени су дуж границе са Бугарском, источно од Вратарничке клисуре.

Стене палеозојске старости заузимају знатно веће пространство. Од палеозојских шкриљаца најзаступљенији су филити, аргилошисти, пешчари, конгломерати и кварцити. Они доминирају у сливу Црног Тимока, и то у централним деловима Кучаја и на северним странама Ртња. Присутни су у сливу Белог Тимока код Вршке Чуке, Кадибогаза и у сливу Јелашничке реке. Палеозојски слојеви у сливу Сврљишког Тимока пружају се у појасу од села Ргошта на северу до села Понора на југу, а у сливу Трговишког Тимока од села Вртовца до Балта Берировца и села Ћуштице.

Пермски црвени пешчари захватају мало пространство. Има их у најзападнијим деловима слива Црног Тимока (у изворишним деловима Велике и Мале Суваје). Захватају и простор поред железничке пруге Параћин–Зајечар. На одређеним деловима Старе планине достижу дебљину од преко 1300 m. Има их и око Стењске реке у сливу Трговишког Тимока.

Поједини делови слива богати су мезозојским кречњацима који су од посебног значаја за морфологију рељефа. Доњојурски кречњаци, кварцити, конгломерати и пешчари немају велико распрострањење. Јављају се у виду неколико мањих партија око Рготине, на Кучају, између Вршке Чуке и Кадибогаза и у долини Стањске реке.

Средња јура је заступљена пешчарима и песковитим кречњацима и доломитима између Вратарнице и Новог Корита.



Слика 3 – Геолошка скица слива Тимока (Основна геолошка карта 1:500 000, лист Београд. Београд: Савезни геолошки завод, 1970. година)

Кречњаци горње јуре граде источни део Кучаја у целини, где достижу дебљину од неколико стотина метара. Највећи део северног и јужног Кучаја сачињен је, такође, од кречњака. Са доломитом изграђују и пространу планинску масу Ртња, као и велику плочу Самањца у најзападнијем делу слива (Петровић, 1970).

Дуж великог дела слива простиру се и творевине доње креде. Развијене су у фацијама кречњака, пешчара, лапорца, глинача, шкриљаца и конгломерата. Кречњацима и кристаластим стенама богат је горњи слив Црног Тимока, у области око Кривога Вира. Кречњаци са доломитом у бази граде и планину Ртањ, као и врх Шилјак (Петровић, 1970).

Слојеви горње креде развијени су у самом Књажевцу и његовој непосредној околини, затим у уском појасу дуж источног подножја Кучаја, од села Злота на северу до села Боговине на југу. Јављају се даље код села Оснића, Метовнице и Звездана, у подножју источног одсека Ртња, у изворишном делу Мировске реке, итд. Код Брусника у долини Тимока и низводно граде брдо Чардак и пространи рт на левој страни Тимока између Орловца и села Рајца. Горњекредни седименти су заступљени и у сливу Сврљишког Тимока око Вине и Зоруновца. Пешчара, лапораца и кречњака горње креде има и око Грлишке и Планиничке реке.

Неогени пешчари, конгломерати, лапорци, глине, пескови и шљункови испуњавају Зајечарску и Књажевачку котлину, долину Тимока, и у виду мањих партија јављају се у Кривовирској и Шарбановачкој котлини.

Магматске стене чине значајни део слива, где доминирају гранити, гранодиорити, габрови, сијенити, андезити, дацити, пегматити, кварцмоноцити и др. Стена габро се јавља у облику великог масива између Заглавка и Књажевачке котлине, а гранити се налазе код села Плавне у сливу Тимока, као и у области Новог Корита, Алдинца и Јање у сливу Трговишког Тимока.

Највеће и најзначајније распрострањење магматских стена је у сливу Црног Тимока. Андезити захватају велике делове Сумраковачко-шарбановачког басена и ниско побрђе између Кучаја и Ртња на западу и Зајечарског басена на истоку. Изливање андезита почело је још у горњој креди и трајало је све до плиоцена. Интензиван вулкански рад створио је велики андезитски масив источне Србије, који се пружа у меридијанском правцу, од Мајданпека на северу до Сокобањске

котлине на југу, а са максималном ширином до 22 km у сливу Тимока. Даци се јављају око Злата и Брестовачке бање (Петровић, 1970).

Терцијарни седименти палогена и неогена, уколико нису еродирани, срећу се у свим језерским котлинама. Најраспрострањеније су миоценске глине и пескови који заузимају централни део слива Тимока између Брзе Паланке и Вражогрнца.

Плиоценски седименти су мање заступљени од миоценских. У њиховом саставу се налазе глине, конгломерати, шљунак и песак. Око Сврљига знатне површине заузимају плиоценски лапорци, глине, песак и шљунак.

Плеистоцени и холоцени седименти захватају алувијалне равни и ниже речне терасе већих речних токова. Највећу ширину имају око токова Великог и Белог Тимока, у доњем делу тока Црног Тимока и у Сумраковачко-шарбановачкој котлини. Дебљина алувијалних наноса износи до 5 m (Петровић, 1970).

Дуготрајним и сложеним геотектонским процесима формирана су многобројна лежишта најразличитијих минералних сировина (металних, неметалних и енергетских). Највећи значај имају концентрације бакра и злата, али су присутна и бројна лежишта и појаве руда других метала, као што су олово, цинк, гвожђе, манган, хром. Такође су бројна лежишта различитих неметала, као што су кварцни песак, доломит, глина, кварцит. Од енергетских минералних сировина присутна су лежишта угља и урана.

Геолошки састав подлоге у коју је усечено речно корито Тимока састоји се углавном од две групе стена: мекших, у које спадају неогени слојеви, и чвршћих, у које спадају еруптивне стене и палеозојски (јурски и кредни) слојеви. Може се издвојити више геолошких сектора. Од ушћа до Тамнича подлога речног корита састоји се од неогених пескова и глина. Узводно је Велика клисура која је сачињена од комплекса кредних слојева, медитеранских и сарматских слојева, синајских слојева и кристаластих шкриљаца. Између Велике и Вратарничке клисуре је Зајечарска котлина. Она је испуњена миоценским и плиоценским наслагама. Вратарничка клисура састоји се од титонских и синајских слојева и мањих жица андезита. Од Вратарничке клисуре до Књажевца је Књажевачка котлина која је испуњена плиоценским језерским наслагама. Код Књажевца се налази мања сутеска која је усечена у кредне слојеве. Узводно је део на коме је подлога од неогених слојева. Затим долази Сврљишка котлина, испуњена

плиоценским језерским наслагама. Узводно, у изворишном делу, речно корито је усечено у кредне слојеве и мањим делом у језерске плиоценске насlage (Јовановић, 1938).

5.2. Хидрогеолошка својства

Сложен геолошки састав условио је стварање разноврсне хидрогеолошке основе у сливу Тимока. Неке стене су порозне и водопрпусне, и способне да воду примају, задржавају или је пропуштају. Ту спадају песковито-шљунковите речне и језерске насlage и кречњаци. Најзначајније акумулације подземних вода формиране су у овим водоносним срединама. Друге стене су компактне и водонепропусне тако да вода преко њих отиче површински.

У односу на геолошку подлогу, на простору слива Тимока формиран су следећи типови издани: збијене издани са слободним нивоом (у алувијуму и терцијарним седиментима), издани под притиском артеског и субартеског карактера, карстне издани и пукотинске издани.

Збијена издан, односно издан у алувијуму, нема велико распрострањење, али и поред тога ова вода представља значајан водни ресурс. Режим ових издани је доста променљив.

Због распрострањења, дебљине, филтрационих карактеристика седимената и добрих услова храњења, највећи значај имају издани у алувијалним наносима поред Белог Тимока. Експлоатација издани из алувијума Белог Тимока код Зајечара почела је 1957. године. Капацитет изворишта варира у зависности од водостаја Белог Тимока и креће се од 50–75 l/s (Петковић, 2010). У околини Минићева дебљина алувијума је до 9 m, а црпљењем се може добити од 1 до 10 l/s. Бочно распрострањење ових седимената је обично до 1 km и у њима су акумулисане значајне резерве подземних вода. Осцилација нивоа издани износи од 0,8 до 18 m (Група аутора, 1976). Ове издани су омогућиле да се из њих водом снабдевају бројна насеља. Вода се користи у локалним водоводним системима преко копаних и бушених бунара. Из издани формираних у алувијуму Зајечарске котлине, вода се користи за потребе индустрије Зајечара.

Издан у алувијуму јавља се на мањим површинама уз ток Црног Тимока, у доњим токовима Трговишког и Сврљишког Тимока и око ушћа Валакоњске реке у Тимок. Дебљина водоносног слоја је мала и креће се око 5 m. Извориште „Језава“ каптирано је у долини Грезанске реке. Његова издашност је од 5–40 l/s и укључено је у систем водоснабдевања Књажевца (Петковић, 2010).

Присуство артеске издани утврђено је у Зајечарском, Сврљишком и Књажевачко-минићевском басену, међутим, она још увек није истражена у довољној мери.

Издан у Зајечарском басену захвата површину од око 100 km². Најбогатији водоносни слојеви налазе се на дубинама између 50 и 200 m. Бушењем код рудника „Лубница“ регистрована је највећа дебљина неогена од 460 m. Водоносни слојеви су формиран у слојевима пескова са присуством шљунка и конгломерата на дубинама од 15–407 m. Град Зајечар се снабдевао водом из артеске издани. Међутим, количина воде добијена на овај начин није задовољавала потребе па се приступило новим решењима. У периоду од 1965–1969. године у Зајечару су постојала 32 артеска и субартеска бунара. Издашност ових бунара кретала се од 0,4 до 32 l/min. Истражна бушења су рађена и ван градског подручја Зајечара. У Вражогрнцу и Грлишту бушено је на неколико локалитета и констатовано је постојање више водоносних слојева на различитим дубинама. У Грљану су каптиране субартеске воде из четири водоносна слоја са издашношћу од 2,2 l/s (Петковић, 2010).

Књажевачко-минићевски басен се простире на површини од 250 km², а дебљина наслага износи 500–800 m. Басен је претежно испуњен песковито-глиновитим седиментима. На дубинама од 71–74 m, 92–95 m, 287–293 m и 301–307 m формирана је издан под притиском, у дубљим деловима артеског, а у плићим субартеског карактера (Петковић, 2010).

У Сврљишком басену констатована је артеска издан на дубини од 105 до 120 m, из које се може добити и до 5 l/s самоизливом, док се црпљењем могу добити и веће количине воде (Група аутора, 1976).

Карстна издан заузима велику површину слива Тимока. Богата је водом и представља значајна лежишта подземних вода којима се могу решавати разноврсни проблеми у области водоснабдевања и коришћења подземних вода

уопште. Она није у довољној мери истражена и искоришћена иако представља потенцијало најбогатију издан. Из ње се хране бројна крашка врела од којих се истичу врела у сливу Црног Тимока, као што су врело Радованске реке, Илинско врело, Злотско врело, врело Мировиштице, итд. Дубоке карстне издани су распрострањене северно од Кривога Вира и Лукова и све се дренирају на врелу Црног Тимока и Луковском врелу.

По Драгутину Петровићу (1970) циркулација воде у унутрашњости кречњачких маса Кучаја врши се системима пећинских канала и пукотина. Постоје различити системи подземних водних токова који се према хидрографској функцији могу поделити на: системе канала сталних подземних водних токова (Злотско врело, врело у долини Радованске реке, низ врела у клисури Бељевине, врело Црног Тимока, канал Боговинске пећине са реком итд.), системе канала повремених или периодских подземних водних токова (Боговинска пећина, Пећура итд.) и системе фосилних подземних канала ван хидрографске функције (Злотска пећина).

У клисури Бељевине подземни водни токови избијају сифонски, у виду снажних крашких врела. Од четири подземна водна тока најснажнији избија из Гаура Бурћи и има минимални протицај током лета око 100 l/s. Врела се налазе непосредно у нивоу речног корита Злотске реке (Петровић, 1970).

Злотско врело је једно од најснажнијих и каптирано је код Злотске пећине. Користи се за водоснабдевање Злота и на њему је организовано непрекидно осматрање издашности. За потребе водоснабдевања Бољевца каптирано је врело Мировиштице у кречњачкој маси Ртња. По великој издашности истиче се врело Радованске реке.

У кречњацима планинског гребена Велики крш формирана је веома богата карсна издан, која се празни преко више извора. Најзначајније је врело Сурдуп, минималне издашности 25 l/s, које је каптирано за потребе Борског рудника.

У сливу Белог Тимока, међу бројним крашким врелима, најпознатије и водом најбогатије је врело Сињи Вир, које се налази уз ток Сврљишког Тимока, 8 km југозападно од Књажевца. Његова средња издашност је око 200 l/s. Врело је каптирано и користи се за водоснабдевање Књажевца. Узводно од врела Сињи Вир појављује се, у виду разбијеног изворишта из пукотине, Врело код 21.

постаје. Издашност му је приближно 40 l/s. Око 2,5 km узводније од Врела код 21. постаје, у кориту Сврљишког Тимока, налази се Миљковачко врело издашности око 30 l/s. Изворско врело у селу Јаловик Извор представља почетак истоимене реке. Има издашност око 40 l/s. Градиштанско врело се налази у близини села Градиште и има издашност око 25 l/s. Врело код села Габровица на Старој планини има издашност око 80 l/s. Јавља се на контакту испуцалих кречњака и палеозојских творевина. Ленувачко врело или извориште „Тупижница“ користи се за водоснабдевање Зајечара. Његова издашност је 25–2500 l/s (Петковић, 2010).

Југозападно од Књажевца, код села Ргоште, налази се термално извориште Бањица. То је разбијено извориште узлазног типа. Температура воде се креће 25–30 °C. По наводима Костић М. (1973) на раседу дужине 800 m постоји читав низ извора од којих се неки јављају на обалама Сврљишког Тимока, а неки су потопљени.

Пукотинске или разбијене издани имају велико распрострањење, али њихова примена има локални значај. Воде ове издани акумулисане су у прелинама и пукотинама, од чијег броја и система зависи и њихово богатство. Литолошке средине у којима је формирана ова издан су разне врсте кластичних чврстих седиментних стена, као што су: пешчари, лапорци, конгломерати и др, као и комплекси метаморфних стена и све магматске стене. Ове стене су углавном слабо водопропусне, тако да у њима и нема значајнијих акумулација подземне воде. Издан се храни инфилтрацијом вода атмосферских падавина, а празни се преко извора мале издашности. Капацитет бројних али слабо издашних извора је од 0,01 до 0,1 l/s (Група аутора, 1976).

Подземне воде овог слива значајан су фактор за решавање водоснабдевања, како водом за пиће тако и за индустријске потребе, за наводњавање, лечење и за техничке сврхе. Познавање могућности коришћења подземних вода није задовољавајуће. Многа мања насеља снабдевају се водом са локалних извора и бројних копаних бунара. Водоснабдевање градова није на задовољавајући начин трајно решено, поготово што потребе за водом свакодневно расту. За решавање оваквих проблема најзначајније су подземне воде алувијума и карстне издани, затим артеске и на крају пукотинске издани.

5.3. Рељеф

Рељеф слива Тимока одликује се разноврсношћу облика насталих као последица врло сложене генезе и еволуције овог подручја.

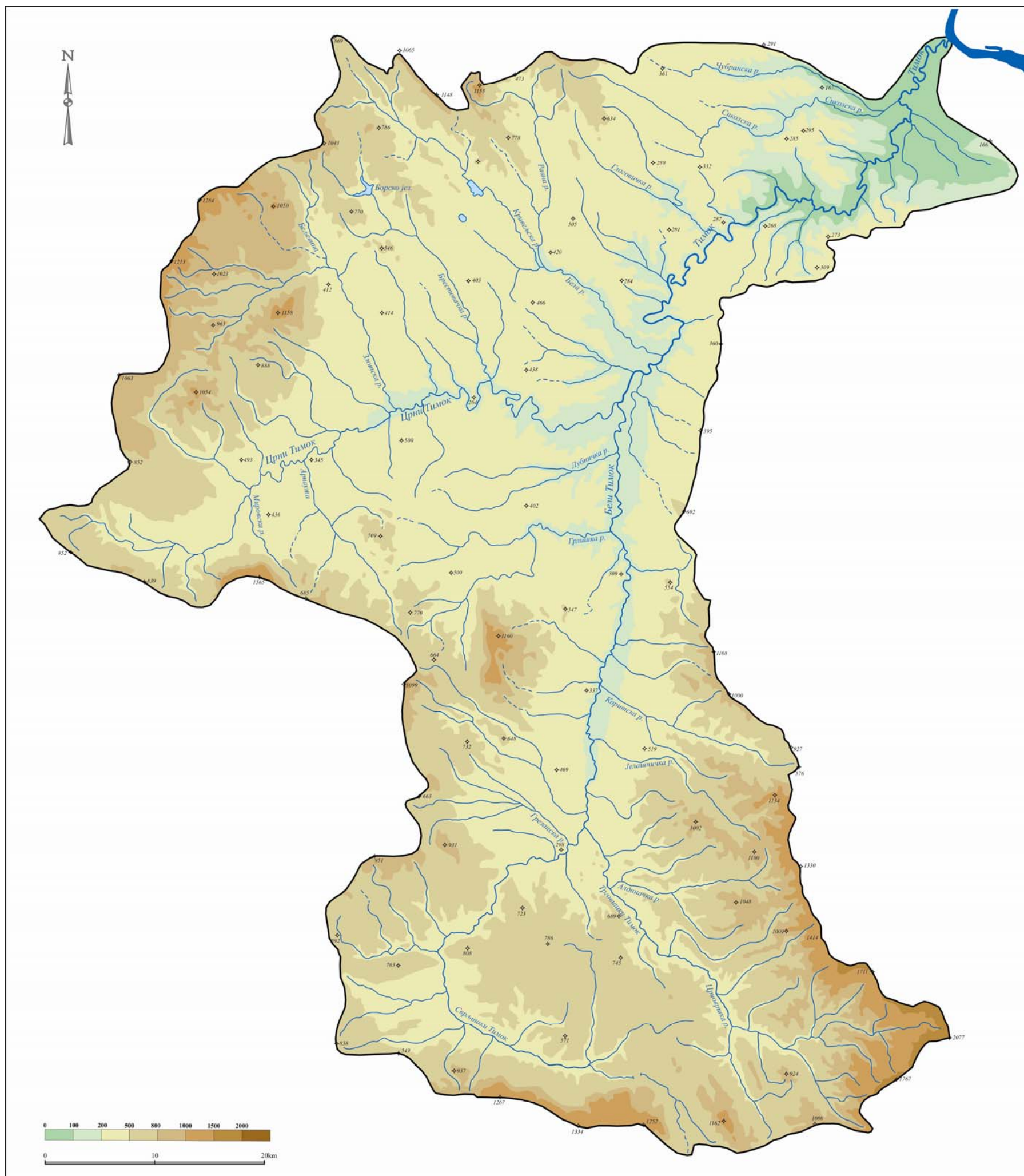
Главни облици рељефа настали су за време алпске орогенезе. Првим покретима ове орогенезе дошло је до стварања навлака источне Србије, а главно издизање Карпатско-балканских планина дешавало се током атичке орогене фазе између миоцена и плиоцена (Петровић и Манојловић, 1997).

Посебна одлика рељефа је велика висинска разуђеност. Највишу тачку у рељефу представља врх Старе планине, Тупанар (2077 m), који је од Миџора (2168 m), највишег врха ове планине, удаљен само 1500 m. Најнижа тачка је на ушћу Тимока у Дунав (30 m). Према томе, висинска разлика у рељефу слива Тимока износи 2047 m. На основу морфометријских одлика рељефа, односно хипсометријске структуре (слика 4) може се констатовати следеће: равничарско и брдовито земљиште до 500 m н.в. заузима нешто више од половине слива (60,6%), углавном у доњем току Тимока, у сливу Црног Тимока, по дну и нижим деловима обода Сврљишке, Књажевачке и Зајечарске котлине. Висинском појасу од 500 до 1000 m н.в. такође припада велики део слива (36,2%), где се налази највећи број површи. Делови слива који леже између 1000–1500 m н.в. захватају мало пространство – свега 2,9% површине слива. То су највиши делови Ртња, Сврљишких планина, Тупижнице као и делови Старе планине. Делови слива са надморском висином већом од 1500 m чине око 0,3% укупне површине слива и ограничени су на највише делове Старе планине.

У рељефу се посебно истичу речне долине, котлине, површи и планине.

Речне долине у сливу су неједнаке ширине, често дубоко усечене и кањонског изгледа.

Сврљишки Тимок је изградио композитну долину са 3 котлине (Сврљишка, Варошка и Књажевачка) и две клисуре (клисура код Нишевца и Сврљишка клисура). Сврљишка котлина се налази у јужном делу слива Тимока и издужена је у правцу исток–запад. На северу је оивичена кречњачким огранцима Лесковика, Озрена, Девице и Тресибабе, на западу кречњацима Копајкошаре, а на југу стрмим падинама Сврљишких планина. Унутрашњи део котлине чини заталасана



Слика 4 – Релјеф слива Тимока

раван која се најбоље одржала у средишњем делу. Најнижи део котлине чини простран полој Сврљишког Тимока. Клисура код села Нишевца усечена је у кречњаке око 160 m, а дужине је око 1,2 km. Низводно река тече кроз Варошку котлину и пробија се кроз Сврљишку клисуру. Клисура је дуга 15 km, дубине 110–360 m, а местимичне ширине само 20 m.

Трговишки Тимок низводно од Калне улази у дубоку Коренатачку клисуру. Дугачка је 3,5 km, дубока до 500 m, ширине до 350 m. На неколико места су мања ерозивна проширења. Он излази из дубоке долине низводно од укљештеног меандра испод Мрише и долина је све шира. Испред сутоке са Сврљишким Тимоком заравњено дно долине има ширину већу од 1 km.

Долина Белог Тимока је композитна, састављена од две котлине и једне клисуре. Књажевачка котлина се налази у јужном делу слива Тимока. У њој се састају Сврљишки и Трговишки Тимок и образују Бели Тимок који протиче најнижим делом котлине. Издужена је у правцу север – југ. Оивичена је са истока огранцима Старе планине, са запада кречњачким масивом Тресибабе са Великим и Малим Голешом, а са југа Тупижницом, Тумбом и Скоком. Унутрашњи део котлине је испуњен слатководним језерским седиментима. Вратарничка клисура се налази између Књажевачког и Зајечарског басена. Усечена је између засеока Змијанца и Грлишке реке. То је епигенија дужине 5 km и дубине 170–190 m. Низводно, Бели Тимок тече централним делом Зајечарске котлине, која је смештена између два планинска лука, карпатског и балканског. Дужина котлине је око 20 km и представља део простране уздужне депресије, тектонског порекла, која се пружа од Књажевца до Дунава. Зајечарски басен припада истовремено Црном, Белом и Великом Тимоку. Кроз његов јужни део тече Бели Тимок, дужином од 17 km, кроз западни, Црни Тимок, дужином од 10 km. Црни и Бели Тимок се састају 2 km североисточно од Зајечара, чинећи Велики Тимок који тече кроз северни део Зајечарског басена дужином од 10 km.

Долина Црног Тимока има изразито композитни карактер. Од изворишта до ушћа смењују се Кривовирска котлина, Јабланичка клисура, Сумраковачко-шарбановачка котлина, клисура Баба Јона и Зајечарска котлина. Кривовирска котлина обухвата пространу депресију у којој се налази изворишни облук Црног Тимока. Кроз овај басен Црни Тимок тече на дужини од 9 km. Код села Лукова

река улази у Јабланичку клисуру. Њена дужина је 20 km, а усечена је у кречњацима 380–400 m. У Сумраковачко-шарбановачкој котлини река образује бројне меандре и прима највећи број притока. Клисура Баба Јона је плитка и извијугана са долинским меандрима. Кроз Зајечарску котлину река тече дужином од 10 km до састава са Белим Тимоком.

Проучавајући еволуцију долине Тимока, Д. Петровић (1956) наводи да је ток Тимока „...постао несумљиво за време континуалне фазе која је наступила после повлачења неогених маринских обалских линија из Тимочке крајине. Пошто је последње маринско стање које је обухватало тимочки басен било у сармату, то је несумљиво да се ток Великог Тимока образовао после сармата. То значи да је тимочки басен ушао у континенталну фазу после сармата и да је та фаза трајала континуелно до данас.“ Тимок је образовао свој ток у иницијалној површи од сарматских седимената, по дну некадашњег залива. Ова површ је била нагнута према северсевероистоку и тиме је био одређен правац тока Тимока. Посредним деловањем речне ерозије Тимока и његових притока и денудације створена је велика флувио-денудациона површ (Петровић, 1956).

Тимок је усекао две клисуре, Вражогрначку и Велику клисуру или Соколовицу, које су одвојене ерозивним проширењем код села Трнавца.

Планине у сливу по генези припадају веначним планинама Карпатског или Балканског планинског система. У долини Црног Тимока налази се граница између Балканског и Карпатског планинског система, при чему јужни делови (Стара планина, Сврљишке планине, Тупижница, Тресибаба и Ртањ) припадају Балканском, а северни (Кучај и Дели Јован) Карпатском систему.

Стара планина је највећа и највиша планина у источној Србији. Пружа се правцем североисток–југозапад. Средином планинског гребена пролази државна граница са Бугарском и западни део планине се налази у нашој земљи. Највиши врх Миџор (2168 m) налази се изван слива Тимока. Мањи део њене површине налази се на већим надморским висинама. „Испод 1 000 m н.в. лежи 1 279 km² или 71% земљишта, а изнад 1 000 m н.в. 523 km² или 29% – од тога изнад 1 500 m н.в. је свега 102 km² или 5,7%, а изнад 2 000 m н.в. је 1,5 km² или 0,08% земљишта“ (Гавриловић Д. и Гавриловић Љ., 1998). Због свог правца пружања Стара планина

представља значајну орографску баријеру, тако да се падавине које доносе влажне ваздушне масе углавном излучују на источној страни.

Тупижница лежи скоро у централном делу слива Тимока. Највећи део планине изграђен је од кречњака, па су на њој заступљени многи површински и подземни крашки облици. На западу се завршава високим стеновитим одсеком, а на истоку има изглед благо нагнутог платоа.

Тресибаба са највишим врхом од 808 m налази се између Сврљишке и Књажевачке котлине где је Сврљишки Тимок усекао клисуру.

Ртањ својим северним, источним и западним падинама припада сливу Тимока. Један је од најизразитијих масива у источној Србији, чији највиши врх Шиљак лежи на 1565 m н.в. Ртањ је у меридијанском профилу асиметричан, северна половина гребена представља једноставан одсек који се стрмо спушта према долини Црног Тимока.

Сврљишке планине се пружају у правцу исток–запад и представљају јужни обод слива. Највиши врх планине је Зелени врх са висином од 1 334 m.

Црни Врх је планински масив правца пружања југозапад–североисток. Представља изразит планински масив симетричних страна. Значајан је хидрографски чвор и развође између сливова Млаве на северу и Злотске и Брестовачке реке (притока Црног Тимока) на југу.

Кучај је простран планински венац (32 km) који се пружа у правцу север–југ. Средњи, источни и јужни делови припадају сливу Тимока. Крашки рељеф Кучаја утиче на хидролошке прилике у сливу, односно на дотицање падавинских вода у сталне водотоке. Д. Петровић (1970) у крашком рељефу Кучаја издваја следеће морфолошке целине: кањонске долине, висораван Беле воде и површ Кота и Стобора. Кањонске долине су усечене у југоисточни обод Кучаја. Усекли су их алогени токови који теку са висоравни Тилва Њалте и међусобно су паралелни. Висораван Беле воде захвата јужни део Кучаја. Јако је скрашћена и нема површинских водених токова. Одводњава се према долинама Радованске реке и Црног Тимока. Површ Кота и Стобора захвата северне и североисточне делове Кучаја. На истоку се завршава одсеком, према долини Злотске реке, високим преко 500 m. На југу је ограничена дубоким кањоном Лазареве долине, а на северу гребеном Великог Крша. Са запада је ограничена депресијом око Микуља.

Захвата површину око 70 km² и нагнута је од севера ка југу, низ долину Злотске реке. Веома је скрашћена са бројним подземним крашким облицима (Петровић, 1970).

Самањац је кречњачка висораван која само мањим делом припада сливу Црног Тимока и то у пределу изворишних кракова Суваје, кречњачке висоравни око Хајдучког камена, Жутог вуса и Мале и Велике Јасенове главе. Пружа се од северозапада ка југоистоку дужином од 13 km.

Сложеност рељефа, заједно са другим физичкогеографским факторима у сливу, директно се одражава на падавине, стварање и отапање снежног покривача, ерозију, итд. Све то посредно утиче на отицај воде и на промене водостаја и протицаја у водотоцима.

5.4. Климатске карактеристике

Прве детаљне информације о клими Тимочке крајине, односно њеног ширег окружења износи Павле Вујевић 1953. године. У раду под насловом „Поднебље ФНРЈ“ анализиран је велики број климатских елемената на територији тадашње Југославије. Приказана је, између осталог, и заступљеност подунавског типа плувиометријског режима на посматраном простору, али дате су и његове особености у сливу Тимока.

Томислав Ракићевић је 1980. године у раду „Климатско рејонирање СР Србије“ издвојио на простору слива Тимока и његовог окружења неколико климатских рејона и доделио им ознаке:

I – 4 Крајински рејон – обухвата Тимочки басен и Неготинску крајину, а одликује се „највећом континенталношћу климата у Србији. У њему су најизразитије просечне годишње амплитуде и највеће честине антициклонских временских ситуација, поготово у зимским месецима. Зато је зими у њему хладније, а дужина трајања снежног покривача већа него у осталим равничарским (котлинским и долинским) деловима Србије“ (Ракићевић, 1980).

II – 12 Сокобањско–књажевачки климатски рејон – обухвата Књажевачку, Сврљишку и Сокобањску котлину. То је „зона умерено континенталне климе са

топлијим летима и блажим зимама, као и мањом количином падавина у односу на поднебље карпатског и старопланинског климатског рејона“ (Ракићевић, 1980).

II – 15 Старопланински климатски рејон – обухвата подручје Старе планине и Сврљишких планина. Овај рејон „има одлике правог алпског климата, тј. хладне и дуге зиме са много снега смењују се са свежим и кратким летима. Просечно трајање снежног покривача у високим деловима овог рејона износи преко 200 дана“ (Ракићевић, 1980).

На простору слива Тимока и његовог обода испитивани су подаци са укупно 42 станице (табела 1). Од тог броја 5 су климатолошке, а 37 падавинске станице. Климатолошка станица са најмањом надморском висином је Неготин (42 m н.в.), а највиша је Црни Врх (834 m н.в.). Најнижа падавинска станица је Прахово (60 m н.в.), док се највиша станица Базовик налази на 710 m н.в. Важно је напоменути да се неке од станица не налазе у границама слива (Неготин, Прахово, Рудна Глава, Јабуковац, Миљковац, Михајловац, Топоница, Ћуприја, Рујиште, Читлук, Давидовац, Базовик, Топли До), али су подаци са тих станица искоришћени да би се стекао бољи и детаљнији увид у климатске прилике на проучаваном сливу.

Обрађени подаци са климатолошких станица Неготин, Зајечар, Црни Врх и Топли До односе се на период 1961–2005. година, а за станицу Књажевац 1961–2003. година (због престака рада станице 2004. године).

Табела 1 – Списак метеоролошких станица у сливу Тимока и његовом ободу

Редни број	Станица	Врста станице	Географска ширина ℓ (°)	Географска дужина λ (°)	Надморска висина h (m)
1	Прахово	падавинска	44,30	22,58	60
2	Неготин	климатолошка	44,14	22,33	42
3	Брестовац Крајински	падавинска	44,18	22,42	250
4	Мокрања	падавинска	44,17	22,55	80
5	Ковилово	падавинска	44,10	22,60	100
6	Црни врх	климатолошка	44,12	21,95	834
7	Брестовачка Бања	падавинска	44,07	22,05	350
8	Шипиково	падавинска	44,03	22,50	280
9	Злот	падавинска	44,02	21,98	300
10	Метовница	падавинска	43,95	22,15	195
11	Подгорац	падавинска	43,95	21,95	370
12	Гамзиград	падавинска	43,92	22,18	250

13	Зајечар	климатолошка	43,53	22,17	144
14	Криви вир	падавинска	43,82	21,75	420
15	Бољевац	падавинска	43,83	21,95	300
16	Луково - Тимок	падавинска	43,80	21,85	330
17	Леновац	падавинска	43,80	22,17	300
18	Вратарница	падавинска	43,78	22,32	160
19	Рујиште	падавинска	43,72	21,98	545
20	Ошљане	падавинска	43 40	22 23	480
21	Мањинац	падавинска	43,67	22,20	400
22	Читлук	падавинска	43,65	22,03	500
23	Радичевац	падавинска	43,58	22,42	550
24	Књажевац	климатолошка	43,34	22,16	281
25	Бели поток	падавинска	43,53	22,10	620
26	Алдинац	падавинска	43,53	22,45	650
27	Давидовац	падавинска	43,52	21,98	660
28	Доња Каменица	падавинска	43,48	22,32	280
29	Лалинац	падавинска	43,45	22,02	430
30	Тијовац	падавинска	43,43	22,23	630
31	Кална	падавинска	43,42	22,43	400
32	Сврљиг	падавинска	43,42	22,13	375
33	Гулијан	падавинска	43,37	22,25	655
34	Витановац	падавинска	43,37	22,37	600
35	Топли До	климатолошка	43,33	22,68	700
36	Базовик	падавинска	43,30	22,47	710
37	Жагубица	падавинска	44,20	21,78	314
38	Михајловац	падавинска	44,37	22,50	85
39	Миљковац	падавинска	43,43	21,87	225
40	Јабуковац	падавинска	44,35	22,38	175
41	Рудна Глава	падавинска	44,33	22,10	185
42	Топоница	падавинска	43,17	21,93	240

5.4.1. Средње месечне и годишње температуре ваздуха

Анализа података за средње месечне температуре ваздуха на простору слива Тимока и шире (табела 2) показује да је на свим посматраним станицама најхладнији месец јануар, а најтоплији јули. Зиме су хладне. Средња месечна температура ваздуха у јануару се креће од $-0,6\text{ }^{\circ}\text{C}$ у Неготину, преко $-1,0\text{ }^{\circ}\text{C}$ у Зајечару, затим $-1,2\text{ }^{\circ}\text{C}$ у Књажевцу, па све до $-3,9\text{ }^{\circ}\text{C}$ на Црном Врху. Од свих

посматраних станица само Црни Врх има негативну средњу месечну температуру и у фебруару (-2,9 °C) и у децембру (-2,4 °C).

У јулу средње месечне температуре ваздуха крећу се од 22,6 °C у Неготину, 21,5 °C у Зајечару, 20,5 °C у Књажевцу до 16,4 °C на Црном Врху. На станици са већом надморском висином (Црни Врх) температура у августу је једнака вредностима у јулу.

Средње годишње температуре опадају долином Тимока, од севера ка југу. У Неготину је 11,4 °C, Зајечару 10,7 °C, а у Књажевцу 10,2 °C. На Црном Врху средња годишња температура ваздуха је 6,5 °C.

Табела 2 – Просечне месечне и годишње температуре ваздуха

	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Год.
Неготин	-0,6	1,5	5,9	11,9	17,2	20,7	22,6	21,9	17,3	11,3	5,6	1,0	11,4
Зајечар	-1,0	1,0	5,4	11,2	16,3	19,7	21,5	20,9	16,4	10,6	5,1	0,6	10,7
Књажевац	-1,2	1,0	5,0	10,8	15,8	19,0	20,5	19,9	15,7	10,2	5,1	0,7	10,2
Црни Врх	-3,9	-2,9	0,9	6,2	11,7	14,5	16,4	16,4	12,3	7,2	1,7	-2,4	6,5

5.4.2. Апсолутно максималне и минималне температуре ваздуха

У табели 3 и 4 приказане су апсолутно минималне и апсолутно максималне температуре ваздуха појединих месеци са датумом појаве. У јануару, марту, јулу, септембру и децембру је на станицама Неготин, Зајечар, Књажевац и Црни Врх истог датума или са само даном разлике забележен апсолутни максимум температуре ваздуха. Иста појава регистрована је у априлу и јуну на свим станицама осим на Црном Врху.

Дана 4. јула 2000. године на свим станицама забележен је апсолутни максимум температуре ваздуха. У свим местима (осим на Црном Врху) температура ваздуха је била изнад 40 °C. Највиша температура регистрована је у Зајечару, од 42,7 °C. Апсолутно максимална температура ваздуха на Црном Врху је износила 35,7 °C. Температура ваздуха изнад 40 °C на Црном Врху није забележена ниједном, у Неготину два пута, у Књажевцу четири пута, и у Зајечару у шест наврата.

Табела 3 - Абсолютно максималне температуре ваздуха (°C) са датумом појаве

	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Год.
Неготин	20,0	22,4	26,8	30,6	35,6	37,7	42,0	39,3	37,7	32,5	25,6	20,6	42,0
	30.2002.	26.1990.	23.1977.	10.1985.	16.1969.	24.2002.	4.2000.	23.2000.	14.1987.	1.1991.	1.1970.	18.1989.	4.7.2000.
Зајечар	22,3	23,8	28,5	34,2	35,0	38,4	42,7	41,7	38,4	32,3	28,4	24,6	42,7
	30.2002.	23.1977.	23.1977.	10.1985.	16.1969.	24.2002.	4.2000.	11.1994.	15.1987.	3.1994.	1.1990.	18.1989.	4.7.2000.
Књажевац	22,5	22,4	29,5	32,8	35,6	37,0	42,0	41,0	37,4	32,8	27,2	22,6	42,0
	31.2002.	28.1994.	24.1977.	10.1985.	19.1996.	24.2002.	4.2000.	11.1994.	15.1987.	4.1999.	1.1990.	17.1989.	4.7.2000.
Црни Врх	16,6	18,3	22,6	24,5	28,7	32,2	35,7	34,4	31,1	25,0	22,8	18,3	35,7
	31.2002.	23.1977.	24.1977.	30.2003.	30.1969.	23.2000.	4.2000.	23.2000.	15.1987.	26.1994.	5.1996.	17.1989.	4.7.2000.

Табела 4 - Абсолютно минималне температуре ваздуха (°C) са датумом појаве

	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Год.
Неготин	-28,5	-25,6	-19,0	-4,9	1,0	4,5	7,5	5,6	-3,6	-7,6	-13,7	-22,0	-28,5
	24.1963.	9.1976.	1.1963.	3.2003.	2.1988.	1.1990.	15.1993.	30.1981.	30.1977.	30.1971.	28.1975.	13.1977.	24.1.1963.
Зајечар	-29,0	-23,6	-17,5	-6,5	-1,5	1,8	5,0	4,3	-5,0	-8,8	-17,4	-22,2	-29,0
	13.1985.	9.1976.	5.1987.	8.2003.	5.2000.	9.1962.	15.1993.	26.1980.	30.1977.	30.1971.	27.1975.	19.1997.	13.1.1985.
Књажевац	-29,5	-23,6	-17,6	-7,6	-1,5	1,5	4,5	0,2	-5,0	-8,6	-18,6	-19,6	-29,5
	13.1985.	17.1985.	5.1987.	3.1974.	13.1978.	9.1962.	9.1993.	1.1992.	30.1977.	28.1988.	30.1989.	11.1991.	13.1.1985.
Црни Врх	-20,6	-22,2	-18,6	-9,8	-2,8	0,6	4,3	3,4	-3,6	-8,2	-16	-20,6	-22,2
	13.1987.	13.1985.	4.1987.	7.2003.	1.1982.	10.2005.	9.1998.	31.1995.	30.1977.	27.1988.	26.1993.	18.1997.	13.2.1985.

Подаци за апсолутно минималне температуре показују далеко мање међусобне сличности него што је то случај код апсолутних максималних температура ваздуха.

Апсолутно најнижа температура ваздуха забележена је у Књажевцу 13. јануара 1985. године, $-29,5\text{ }^{\circ}\text{C}$. Истог дана минимална температура износила је $-29,0\text{ }^{\circ}\text{C}$ у Зајечару. На Црном Врху апсолутно најнижа температура од $-22,2\text{ }^{\circ}\text{C}$ забележена је 13. фебруара 1985. године, а у Неготину 24. јануара 1963. године, $-28,5\text{ }^{\circ}\text{C}$. Према томе, апсолутно минималне температуре регистроване су у јануару или фебруару. Температура испод $-25\text{ }^{\circ}\text{C}$ забележена је у Неготину у четири наврата, у Зајечару два пута, у Књажевцу једном и на Црном Врху ниједном.

Амплитуде екстремних вредности температуре ваздуха су велике. Највећу амплитуду има Зајечар са $71,7\text{ }^{\circ}\text{C}$. Незнатно мања је у Књажевцу ($71,5\text{ }^{\circ}\text{C}$), док у Неготину износи $70,5\text{ }^{\circ}\text{C}$. Најмања амплитуда је на Црном Врху и износи $57,9\text{ }^{\circ}\text{C}$. Велике амплитуде указују на изражену континенталност изучаваног простора, а велика сличност екстремних температура ваздуха указује да се читав слив налази под упливом истих ваздушних маса.

5.4.3. Број дана са карактеристичним температурама

Број дана са карактеристичним температурама обрађен је на основу података са четири посматране станице, при чему су све вредности сведене на просечан број дана у месецу, односно години.

Анализиран је број летњих дана ($T_{\max} \geq 25\text{ }^{\circ}\text{C}$), тропских дана ($T_{\max} \geq 30\text{ }^{\circ}\text{C}$), тропских ноћи ($T_{\min} \geq 20\text{ }^{\circ}\text{C}$), мразних дана ($T_{\min} < 0\text{ }^{\circ}\text{C}$) и ледених дана ($T_{\max} < 0\text{ }^{\circ}\text{C}$).

У анализи броја летњих дана констатовано је да са порастом надморске висине број летњих дана нагло опада. Према расположивим подацима најмањи број летњих дана има Црни Врх (свега 15,1 годишње). Књажевац, Зајечар и Неготин имају незнатну разлику у броју летњих дана.

Табела 5 – Средњи број летњих дана

	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Год.
Неготин	0	0	0,3	1,9	11,4	20,4	26,0	25,8	14,1	2,1	0,1	0	102,0
Зајечар	0	0	0,5	2,3	11	19,9	25,7	25,0	14,1	2,6	0,1	0	101,1
Књажевац	0	0	0,6	3,0	11,8	20,2	25,5	25,3	15,4	4,0	0,2	0	105
Црни Врх	0	0	0	0	0,4	1,8	5,4	6,1	1,2	0	0	0	15,1

Највећим бројем тропских дана одликује се Књажевац (39,8). Зајечар и Неготин имају идентичан број тропских дана (35,8). На Црном Врху је забележено свега 1,5 тропских дана. У Неготину, Зајечару и Књажевцу тропски дани забележени су у периоду април–октобар, а на Црном Врху у периоду јун–август.

Табела 6 – Средњи број тропских дана

	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Год.
Неготин	0	0	0	0,1	1,2	6,9	12,7	12,5	2,3	0,1	0	0	35,8
Зајечар	0	0	0	0,1	1,4	6,4	12,0	12,6	2,9	0,3	0	0	35,8
Књажевац	0	0	0	0,2	2,6	7,2	12,7	14,0	3,8	0,5	0	0	39,8
Црни Врх	0	0	0	0	0	0,1	0,7	0,6	0	0	0	0	1,5

Број тропских ноћи је веома мали. Оне су у Неготину забележене у периоду мај–септембар (табела 7). На станицама Књажевац (у јуну и августу) и Зајечар (у јуну), просечан број тропских ноћи у анализираном периоду има вредност од 0,023, али због заокруживања на једну децималу, вредности нису унете у табелу. На Црном Врху просечан број тропских ноћи у току године је 1,1.

Табела 7 – Средњи број тропских ноћи

	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Год.
Неготин	0	0	0	0	0,1	0,5	2,0	1,4	0,1	0	0	0	4,0
Зајечар	0	0	0	0	0	0	0,2	0,1	0	0	0	0	0,3
Књажевац	0	0	0	0	0	0	0,2	0	0	0	0	0	0,3
Црни Врх	0	0	0	0	0	0,1	0,5	0,5	0	0	0	0	1,1

Мразни дани се на свим посматраним станицама, осим у Неготину, јављају од септембра до маја (табела 8). На годишњем нивоу највећи број мразних дана има Црни Врх – 131,6. Јануар је месец са највећим бројем мразних дана. Ледени дани заступљени су од новембра до марта, док на Црном Врху постоји могућност појављивања ових дана и у октобру и априлу. На годишњем нивоу вредности се крећу од 19,1 у Књажевцу, преко 19,7 у Неготину, 20,5 у Зајечару, до 65,4 на

Црном Врху. Највећи број ледених дана је у јануару, а у фебруару и марту на свим станицама, број ледених дана нагло опада. Утицај хладних ваздушних маса се често осећа у доњем току Тимока, али се хладан ваздух овде не „ујезерава“, већ релативно брзо наставља кретање преко планинских венаца Мироча, Великог Гребена и Дели Јована.

Табела 8 – Средњи број мразних дана

	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Год.
Неготин	24,0	18,5	11,8	1,2	0	0	0	0	0	2,7	9,2	20,2	87,7
Зајечар	26,3	21,0	15,2	3,7	0,2	0	0	0	0,2	4,2	12,1	23,1	106,0
Књажевац	26,7	21,0	15,8	4,2	0,3	0	0	0	0,3	5,0	12,0	23,0	108,3
Црни Врх	27,7	24,4	20,7	8,2	0,5	0	0	0	0,2	5,7	17,4	26,8	131,6

Табела 9 – Средњи број ледених дана

	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Год.
Неготин	8,9	3,9	0,7	0	0	0	0	0	0	0	0,7	5,4	19,7
Зајечар	9,0	4,1	1,0	0	0	0	0	0	0	0	0,8	5,4	20,5
Књажевац	8,4	3,8	0,7	0	0	0	0	0	0	0,0	0,7	5,3	19,1
Црни Врх	18,1	14,8	8,9	0,8	0	0	0	0	0	1,0	6,8	15,2	65,4

5.4.4. Трајање сунчевог сјаја и облачност

На ширем простору слива Тимока подаци о трајању сунчевог сјаја постоје за три станице – Неготин, Зајечар и Црни Врх (табела 10). На посматраним станицама највећу просечну инсолацију има Неготин – 2071,6 часова годишње, а најмању Зајечар са 2012,7 часова. Максимално осунчавање је у јулу месецу, а минимално у децембру.

Табела 10 – Средња месечна и годишња инсолација (h)

	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Год.
Неготин	74,1	90,5	139,0	179,2	235,3	271,7	303,5	280,0	208,0	147,1	79,4	63,7	2071,6
Зајечар	71,5	91,0	135,7	171,5	227,3	257,1	293,0	277,2	204,8	141,0	80,9	61,7	2012,7
Црни Врх	77,3	85,2	140,7	173,6	224,8	252,6	286,3	271,8	198,0	155,0	92,1	64,9	2022,3

На годишњем нивоу, најмању облачност има Неготин – 5,3, затим Зајечар – 5,8, а највећа је на Црном Врху, од 6,2 десетине (табела 11). Облачност на

посматраном простору има правилан годишњи ток. На свим станицама максимална облачност је у децембру, а минимална у августу.

Табела 11 – Средња месечна и годишња облачност (1/10)

	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Год.
Неготин	6,7	6,3	5,9	5,6	5,3	4,5	3,5	3,3	4,0	5,1	6,6	6,9	5,3
Зајечар	7,1	6,7	6,4	6,2	5,7	5,0	4,0	3,8	4,5	5,6	6,9	7,2	5,8
Црни Врх	7,3	7,2	6,7	6,5	6,3	5,4	4,6	4,2	5,1	5,9	7,2	7,6	6,2

5.4.5. Ветрови

Средње годишње честине, тишине и брзине ветрова анализирани су са три станице – Неготин, Зајечар и Књажевац (табела 12). Т. Ракићевић анализирајући ветрове у источној Србији наводи следеће: „На свим метеоролошким станицама источне Србије највећу частину има локални кошавски ветар и северозападни и западни ветрови, као преовлађујући ветрови умереног појаса. На правац ових ветрова веома много утичу облици рељефа, тј. правац пружања речних долина или планинских венаца“ (Ракићевић, 1976).

Табела 12 – Средње годишње честине, тишине (%) и брзине ветра (m/s)

	N		NE		E		SE		S		SW		W		NW		C
	ч.	б.	ч.	б.	ч.	б.	ч.	б.	ч.	б.	ч.	б.	ч.	б.	ч.	б.	ч.
Неготин	72,8	1,5	69,4	1,2	99,2	1,6	56,3	1,6	20,3	0,8	32,6	1,2	141,5	3,1	199,0	3,4	320,1
Зајечар	101,9	1,8	148,6	2,2	57,4	2,2	27,5	1,9	83,3	1,7	249	2,2	131,4	2,0	70,3	2,3	139,8
Књажевац*	57,8	2,0	17,6	1,6	30,5	1,6	14,5	1,0	57,4	2,0	60,7	2,2	370,1	1,5	41,3	2,1	353,4

*Подаци се односе на период 1961-2001. година

У Књажевцу је доминантан западни ветар, условљен правцем пружања долине Сврљишког Тимока. У Зајечару су доминантни југозападни и североисточни ветрови условљени правцем пружања Црног Тимока и Тимока. Т. Ракићевић наводи следеће: „... део ваздушних маса, пореклом из Влашке низије, од Зајечарске котлине креће се према југу долином Белог Тимока и у Књажевцу се појављује као ветар из северног квадранта, који по честини заостају само за ветровима из западног квадранта. Ове ваздушне масе крећу се даље долином

Сврљишког Тимока и преко Сврљишке котлине и превоја Грамаде спуштају у Нишку котлину“ (Ракићевић, 1976).

5.4.6. Падавине

„На количину падавина, њихову расподелу у току године, начин и облик појављивања, утичу многи фактори, али одлучујућу улогу имају атмосферски процеси и рељеф“ (Ракићевић, 1979).

Плувиометријски или кишни режим обрађен је на основу података са 42 климатолошке и кишомерне станице (табела 13), од којих је 29 на проучаваном сливу. На једну кишомерну станицу долази по 157,5 km² слива. Ово је недовољан број станица, које су при томе и неповољно распоређене, јер су углавном лоциране у равничарском и брдском терену, док их на већим висинама нема.

На територији слива Тимока количина падавина на годишњем нивоу креће се од 593,8 mm (Зајечар) до 824,5 mm (Радичевац). Долина Белог Тимока представља једну од најсушнијих регија у источној Србији. Б. Миловановић (2010) наводи следеће: „Места у долини Белог Тимока (Зајечар, Минићево и Књажевац) примају релативно малу количину падавина. Ове станице су са запада заклоњене планинама Тупижницом и Тресибабом, тако да се налазе на заветринској страни, односно у „кишној сенци“, у односу на ветрове из северозападног квадранта који доносе падавине“ (Миловановић, 2010). Количина падавина креће се од 593,8 mm у Зајечару, преко 602,0 mm у Књажевцу, до 606,4 mm у Леновцу, 651,6 mm у Мањинцу, 662 mm у Вратарници. У долини Трговишког Тимока, на станицама Доња Каменица и Кална забележено је 640,9 mm, односно 691,0 mm. Источно од долине Белог Тимока, на западним обронцима Старе планине годишња количина падавина расте и креће се од 638,5 mm у Ошљану до чак 824,5 mm у Радичевцу. У долини Сврљишког Тимока годишња количина падавина је од 635,7 mm у Сврљигу до 704,9 mm у Тијовцу. У сливу Црног Тимока годишња количина падавина износи од 948,6 mm у Лукову (највећа количина падавина на посматраном подручју) до 608,8 mm у Гамзиграду. У доњем току Тимока количина падавина износи од 629,7 mm у Неготину до 668,5 mm у Мокрању.

Табела 13 – Средње месечне и годишње количине падавина (мм) на ширем простору слива Тимока (1961–2005. година)

Редни број	Станица	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Год.
1	Алдинац	55,4	52,6	54,3	73,6	82,1	96,4	58,6	56,5	58,5	45,9	66,3	65,8	770,8
2	Базовик	44,3	47,0	46,8	54,1	71,4	67,9	50,4	46,6	49,2	41,9	57,5	56,0	633,1
3	Бели поток	50,1	46,1	50,0	66,1	74,6	72,6	55,1	50,5	54,5	44,5	63,0	60,3	687,3
4	Бољевац	49,7	41,1	41,4	52,7	63,7	77,7	62,7	51,4	52,0	46,4	58,4	55,7	653,0
5	Брестовац Крајински	52,5	53,2	60,7	66,4	67,9	65,5	55,4	41,2	49,3	53,4	70,6	67,8	703,9
6	Брестовачка Бања	45,5	43,7	47,2	61,6	73,1	72,5	58,0	52,3	48,6	48,7	61,7	55,7	668,7
7	Витановац	57,4	58,9	61,5	74,3	80,0	80,3	59,7	59,2	58,3	51,3	73,6	77,3	791,7
8	Вратарница	44,4	42,8	51,4	60,6	73,5	71,8	62,1	49,2	48,1	44,4	58,8	55,7	662,9
9	Гамзиград	40,9	40,7	43,6	57,8	67,7	65,8	54,1	42,0	44,0	45,9	53,5	52,7	608,8
10	Гулијан	60,2	59,1	63,3	71,1	76,0	78,2	61,0	54,3	57,2	50,1	72,1	79,1	781,5
11	Давидовац	53,1	49,3	49,2	63,1	72,8	78,0	56,9	49,8	57,7	44,7	64,5	64,9	703,7
12	Доња Каменица	41,8	44,7	47,3	57,9	71,5	70,4	58,4	44,9	49,0	42,9	57,6	54,5	640,9
13	Жагубица	41,1	36,4	38,0	57,6	75,3	72,6	67,2	53,6	52,1	45,1	49,9	48,3	637,1
14	Зајечар	39,0	39,0	41,9	55,4	65,4	65,1	57,0	40,8	42,8	43,2	53,2	51,0	593,8
15	Злот	49,4	45,3	53,3	62,0	75,9	69,5	53,1	49,2	49,1	52,5	65,6	59,9	684,9
16	Јабучовац	52,0	53,6	57,1	66,9	69,7	69,9	54,5	45,0	49,0	58,1	69,9	72,3	718,0
17	Кална - тимочка	46,5	50,1	49,1	64,9	73,6	79,0	56,6	54,2	55,6	43,2	58,9	59,4	691,0
18	Књажевац	41,1	38,3	43,3	53,0	66,0	66,9	55,4	44,7	48,9	40,5	52,7	50,9	602,0
19	Ковилово	48,1	48,3	52,9	62,6	65,9	62,9	58,2	41,5	46,2	47,9	63,3	63,4	661,1
20	Криви вир	51,5	51,3	54,8	68,6	79,9	79,3	61,0	48,6	60,1	50,1	69,5	63,4	738,0
21	Лалинац	48,0	44,6	46,0	59,9	68,5	66,5	50,7	48,9	55,1	42,8	61,0	61,2	653,1

22	Леновац	42,8	37,9	46,2	56,4	68,0	67,0	50,9	43,2	45,2	43,0	55,0	50,7	606,4
23	Луково - Тимок	65,7	62,9	68,2	83,3	102,9	97,1	81,4	66,2	75,0	63,7	93,2	88,9	948,6
24	Мањинац	44,1	42,2	49,1	60,5	72,8	68,0	52,9	51,3	51,2	44,6	56,8	58,1	651,6
25	Метовница	44,5	45,0	47,4	59,9	65,9	70,6	61,5	45,4	44,8	45,5	60,5	55,8	646,6
26	Миљковац	46,3	45,9	45,7	58,6	71,4	71,6	48,9	45,7	53,4	42,9	58,8	57,4	646,5
27	Михајловац	50,0	46,2	49,7	66,9	61,8	69,8	56,1	41,2	43,3	48,7	62,9	63,4	659,9
28	Мокрања	48,1	48,9	53,9	67,8	67,1	68,6	53,0	41,2	46,4	48,1	63,8	61,7	668,5
29	Неготин	42,5	44,1	49,1	60,5	63,2	64,5	51,3	41,8	45,6	47,5	60,9	58,6	629,7
30	Ошљане	41,2	42,6	44,3	62,9	72,6	76,3	54,2	48,2	49,3	40,1	56,2	50,6	638,5
31	Подгорац	46,5	45,4	52,9	68,3	69,9	71,1	52,6	43,1	50,7	49,1	61,0	57,8	668,6
32	Прахово	47,7	50,7	51,1	61,4	63,9	66,0	49,9	41,1	42,6	46,6	59,6	61,8	642,4
33	Радичевац	56,1	52,9	58,0	82,9	96,8	93,7	71,5	64,7	64,4	48,4	69,3	65,9	824,5
34	Рудна Глава	49,1	43,7	48,4	62,0	73,4	72,5	59,4	46,1	53,1	51,7	60,4	60,5	680,3
35	Рујиште	51,9	52,1	56,6	66,9	75,8	82,7	63,3	47,6	53,6	49,4	64,2	63,8	728,0
36	Сврљиг	44,7	42,7	44,4	57,2	64,5	66,0	53,0	47,2	53,6	44,6	58,9	58,9	635,7
37	Тијовац	52,5	49,6	54,6	61,4	72,2	78,8	61,0	51,9	53,4	44,1	61,0	64,4	704,9
38	Топли До	60,1	61,9	52,6	71,4	90,7	86,8	65,4	55,2	61,1	53,1	71,1	74,9	806,2
39	Топоница	43,8	42,7	46,5	57,0	64,0	61,5	42,6	41,5	46,3	39,9	55,8	57,3	599,0
40	Црни врх	44,3	44,1	49,5	68,3	91,1	106,8	82,7	63,2	70,6	60,4	57,1	53,4	791,5
41	Читлук	49,8	50,4	52,2	60,9	72,0	73,9	59,5	51,6	49,0	48,0	63,9	62,6	693,7
42	Шипиково	45,1	48,9	50,5	61,3	67,2	68,1	52,6	37,7	44,4	45,4	60,8	59,4	641,3

Највеће годишње количине падавина забележене су у Лукову 1995. године (1323,0 mm), у Радичевцу 2005. године (1227,4 mm) и у Витановцу 1995. године (1141,6 mm).

Разлике у суми падавина између појединих година такође су велике. На пример, на станици Сврљиг 1968. године укупно се излучило свега 192,2 mm падавина, док се у Зајечару и Вратарници 2000. године излучило свега 302,9 mm, односно 324,0 mm (ово су и најмање забележене количине падавина на посматраним станицама). С друге стране, максимална годишња количина падавина у периоду 1961–2005. година на станици Сврљиг износила је 832,6 mm (2004. године), односно 794,3 mm у Зајечару (1980. године) и 872,0 mm у Вратарници (1970. године).

На свим кишомерним станицама јављају се по два максимума и два минимума падавина. Од укупно 42 кишомерне станице, на 39 главни максимум падавина је крајем пролећа и почетком лета, тј. у мају или јуну, док се на остале три кишомерне станице главни максимум јавља у новембру и децембру. Главни минимум падавина на већини станица (16) је почетком јесени, тј. у октобру. На 15 станица он је у фебруару, на једној станици у марту, на девет станица у августу и на једној станици у септембру.

Разлике у количини падавина између месеца у којима се јављају главни и секундарни максимум падавина обично нису велике. Некад износе само 1 mm. Тако, на пример, главни максимум падавина од 79,1 mm у Гулијану је у децембру, а секундарни од 78,2 mm у јуну. Или, главни максимум падавина са 65,9 mm у Ковилову је у мају, а секундарни са 63,4 mm у децембру.

На кишомерним станицама на којима је главни максимум падавина у мају или јуну, секундарни максимум је у јесењим месецима, и обрнуто. Уколико је главни минимум падавина у августу или октобру, секундарни минимум је у зимским месецима, и обрнуто. С обзиром да је на већини кишомерних станица главни максимум падавина у раним летњим месецима, у сливу је заступљен континентални плувиометријски режим. П. Вујевић (1953) је овакав тип континенталног плувиометријског режима, са два максимума падавина, од којих је изразитији онај на почетку лета, издвојио као посебну подунавску варијанту.

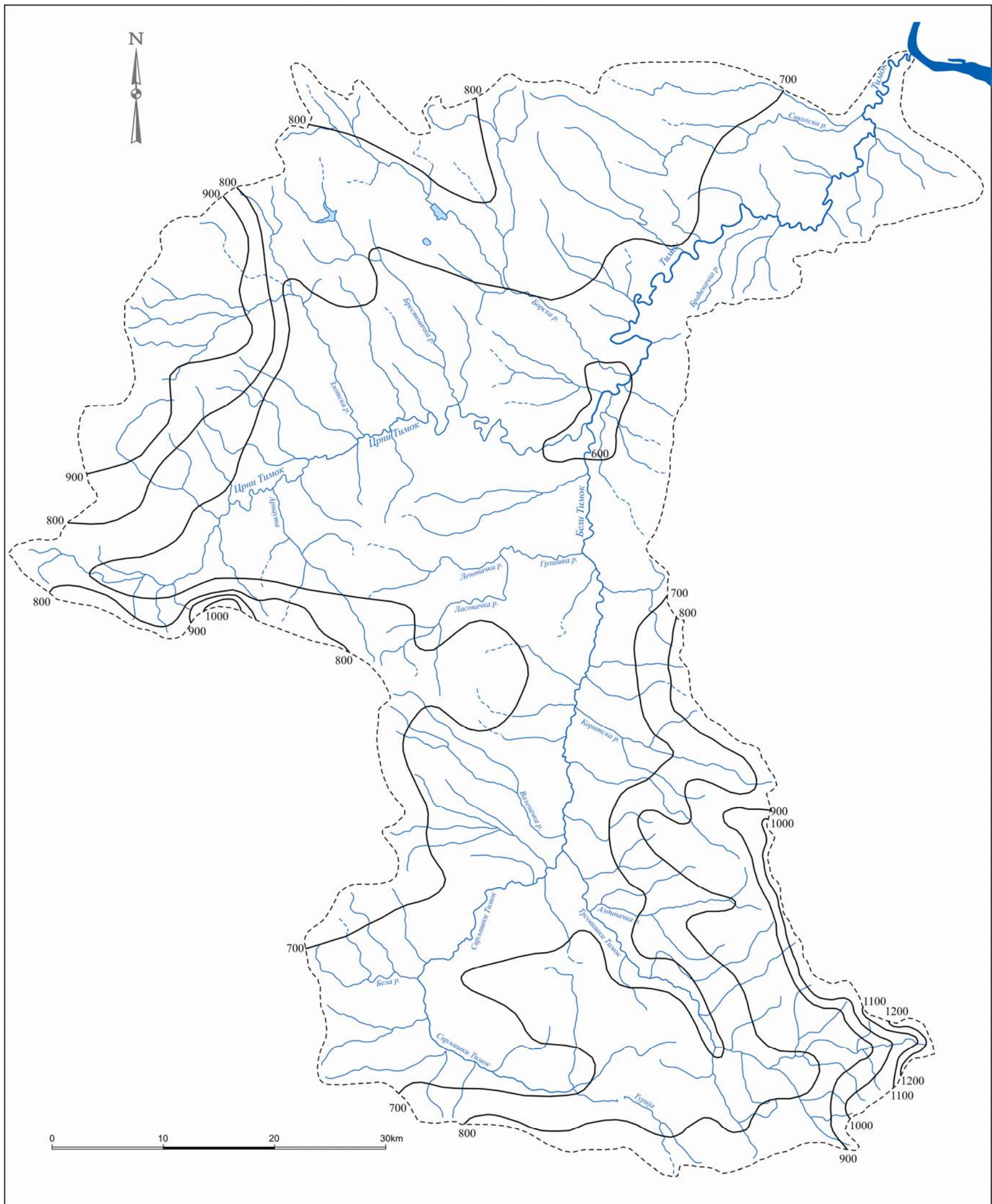
Због малог броја падавинских станица и позиције постојећих у сливу било је потешкоћа у одређивању количине падавина на већим надморским висинама као и у одређивању средњих годишњих и месечних падавина до одређених профила. Бројни аутори су анализирали непосредни утицај рељефа у Србији на годишњу висину падавина и плувиометријски режим (Ракићевић, 1976; Оцокољић, 1987; Радовановић 1996, 2001; Дуцић и Радовановић, 2005; Живковић и Анђелковић, 2004; Живковић, 2009).

Н. Живковић (2009) је на територији Србије издвојио 72 рејона и за сваки је одредио модел (на основу падавина у периоду 1961–1990. година) за процену средњих годишњих падавина преко задате надморске висине. На територији слива Тимока издвојено је 6 рејона: Крајина, Пореч, Бања, Црна река, Заглавак и Голак.

За одређивање падавина у сливу Тимока усвојена је поменута рејонизација и метода линеарне регресије којом се падавине одређују преко надморске висине. На основу података о средњој годишњој количини падавина за период 1961–2005. година на одређеним кишомерима у сливу Тимока, одређени су модели за процену падавина (X_0), њихови параметри (коэффициент детерминације – R^2) као и висински градијенти падавина – ВГП. У приказаним моделима са H је означена надморска висина.

Рејон Крајина:	$X_0 = 41,11 \cdot \ln(H) + 477,4;$	$R^2 = 0,94;$	ВГП=14 mm;
Рејон Пореч:	$X_0 = 120,1 \cdot \ln(H) + 66;$	$R^2 = 0,99;$	ВГП=24 mm;
Рејон Бања:	$X_0 = 0,523 \cdot H + 468;$	$R^2 = 0,96;$	ВГП=52 mm;
Рејон Црна Река:	$X_0 = 0,383 \cdot H + 551,3;$	$R^2 = 0,77;$	ВГП=38 mm;
Рејон Заглавак:	$X_0 = 0,404 \cdot H + 528,3;$	$R^2 = 0,79;$	ВГП=40 mm;
Рејон Голак:	$X_0 = 0,262 \cdot H + 534,2;$	$R^2 = 0,97;$	ВГП=26 mm;

За рејоне Пореч и Бања, који се само малим делом простиру у сливу Тимока, преузети су модели Н. Живковића (2009) због недостатка података о падавинама за период 1961–2005. година у поменутих рејонима. У рејону Крајина и Пореч установљена је лог-линеарна зависност, док је код осталих рејона формирана праволинијска зависност падавина од надморске висине. Висински градијент падавина има највећу вредност у рејону Бања, 52 mm/100 m.



Слика 5 – Isoхијетна карта слива

Примењени модели су омогућили израду изохијетне карте (слика 5) и одређивање средње годишње количине падавина до одређених профила у сливу.

Средње месечне падавине до одређених профила су израчунате на основу измерених падавина у анализираном периоду на изабраним падавинским станицама (Алдинац, Радичевац, Бели Поток, Подгорац, Криви Вир, Злот, Леновац и Мањинац) и применом одређених модела за процену средњих годишњих падавина.

Просечна годишња количина падавина у сливу Белог Тимока износи око 722,3 mm, у сливу Црног Тимока 749,4 mm, а у сливу Тимока до профила Тамнич 726,6 mm. Према примењеној методологији највиши врх у сливу, Тупанар на Старој планини, прима годишње просечно 1 367 mm, Шиљак на Ртњу 1 150 mm, а Зелени врх на Сврљишким планинама 884 mm падавина.

За сагледавање климатских карактеристика у сливу важно је анализирати и број дана са снегом, као и број дана са снежним покривачем. Број дана са снегом је неуједначен у појединим рејонима. Најмање је таквих дана у долињском рејону а, као што се и очекује, највише је у планинском рејону, где је скоро редовно преко 50 дана. Број дана са снегом варира из године у годину. По подацима са посматраних станица (табела 14), снежни период на простору слива Тимока траје од октобра до краја априла, а на Црном врху снежне падавине забележене су и у мају. Број дана са снежним покривачем, такође, варира по годинама, али се може узети да се подударе с месецима у којима је падао снег.

Табела 14 – Број дана са снегом

	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Год.
Неготин	8,6	6,1	4,0	0,1	0	0	0	0	0	0,3	2,0	6,5	27,7
Зајечар	8,8	6,8	5,0	0,3	0	0	0	0	0	0,2	2,3	6,2	29,7
Црни Врх	15,9	14,2	12,7	5,1	0,3	0	0	0	0	1,8	7,6	13,4	71,1

На годишњем нивоу, најмањи број дана са снегом има Неготин (27,7), а највећи Црни Врх (71,1). Снежни покривач најдуже се задржава на Црном Врху (123,0 дана).

Максимална висина снежног покривача од 167 cm забележена је на Црном Врху 25. јануара 2000. године. У Неготину максимална висина снежног покривача

од 75 cm регистрована је 17. фебруара 1986. године, а у Зајечару, од 66 cm, забележена је 11. јануара 1985. године.

Табела 15 – Просечан број дана са снежним покривачем

	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Год.
Неготин	17,0	11,0	6,0	0	0	0	0	0	0	0	3,0	12,0	48,0
Зајечар	17,4	11,3	5,5	0,1	0	0	0	0	0	0,2	3,0	11,4	48,9
Црни Врх	29,7	25,7	21,3	6,4	0,2	0	0	0	0	2,1	11,2	26,3	123,0

5.5. Педолошки састав

Педолошку студију басена Тимока и Дунавског кључа, под називом „Земљишта басена Тимока“ (1974), урадио је Институт за проучавање земљишта из Београда. Након вишегодишњих теренских и лабораторијских испитивања земљишта установљено је стање педолошког покривача овог дела Србије и извршено његово картирање.

На територији слива Тимока заступљени су алувијални наноси, смоница, гајњача, смеђа кисела земљишта, лесивирани земљишта, псеудоглеј, као и земљишта оштећена гасом SO₂ и флотационим материјалом.

Алувијални наноси захватају велику површину у сливу Тимока. Заступљени су дуж Сврљишког, Трговишког, Црног, Белог и Великог Тимока, као и дуж многих мањих водотока и различитог су састава и хемијских особина. Наноси Трговишког Тимока су песковито-иловастог састава, а местимично се појављују и чисти пескови и шљунак. Алувијални нанос иловастог и глиновито-иловастог састава заступљен је у долини Сврљишког Тимока. У долини Белог и Црног Тимока алувијални нанос је различитог гранулометријског састава, али преовлађују наноси иловасте текстуре.

Алувијални наноси Тимока су лаког механичког састава и крећу се од пескуша до иловача. Местимично се јављају ливадске црнице глиновитог састава. Ови наноси су изложени непрекидном утицају отпадних вода из Борског рудника које садрже велике количине пиритне јаловине. Из тог разлога овај нанос је знатно измењен и различитом бојом се јасно издваја од правих алувијалних

наноса. На њему је онемогућена пољопривредна производња. Алувијални наноси поред других река, притока Тимока, захватају узане просторе дуж речних корита.

Алувијално-делувијална земљишта формирана су у уским долинама река у брдско-планинском подручју и често су плитка и скелетоидна.

Смонице заузимају велико пространство и најпродуктивније су земљиште за пољопривредну производњу. Образоване су на претежно благо нагнутим језерским терасама Црноречке, Зајечарске, Књажевачке и Сврљишке котлине, на надморским висинама од 50 до 550 m. На већој површини смоница се појављује западно од доњег тока Вражогрначке реке.

На кречњацима и доломитима највише је заступљена рендзина, у разним развојним стадијумима, а знатно мање смеђе и рудо-црвенкасто земљиште.

Гањаче су заступљене на ограниченим, малим површинама (у горњем току Црног Тимока и источно од Зајечара).

Насупрот томе, велике површине у сливу су покривене смеђим киселим земљиштем на силикатном супстрату у брдско-планинском региону. Ова земљишта су киселих реакција, недовољно изражених структура, као и релативно лаког механичког састава. Количина хумуса је мала, нарочито ако земљиште није под пашњацима. Смеђа кисела земљишта на пешчару заступљена су на великим површинама око Беле реке, Леновца, Грлишта, Метовнице, Вратнице, Брестовца, Сикола, на десној обали Тимока изнад Грљана и Вратнице према Бугарској граници, северозападно од Горње Каменице и Горње Соколовице, на обронцима Старе планине око Балте-Берировца, Ћуштице, Мирковца и на многим другим местима.

Лесивирана земљишта у сливу Тимока преовлађују у односу на остала смеђа и смеђа кисела земљишта. Распрострањена су у брдско-планинској зони као и на нижим теренима, те су образована на благим нагибима, заравнима гребена и уским равним површинама ограниченим речним токовима.

5.6. Вегетација

На територији слива Тимока присутни су шумски, ливадско-пашњачки и мочварни типови вегетације. Многобројни чиниоци, првенствено промена климе

и утицај човека (крчење шума, разоравање пашњака, претерана испаша и друга деловања), условили су временом промену биљних заједница на посматраном простору. Промењени животни услови за последицу имају и развој вегетације прилагођене новим приликама.

Речне долине и брдовита подручја су рејони најинтезивније обраде земљишта, што је условило нестанак аутохтоних биљних заједница. Местимично, њихови остаци се могу наћи у виду мањих забрана или брањених ливада и пашњака.

Шуме заузимају знатну површину и поред тога што је било доста крчења у прошлости. Имају своје зоне простирања и појављују се како у речним долинама, тако и у планинским подручјима. У речним долинама заступљене су тзв. галеријске шуме. У спрату дрвећа присутни су црна топола, јаблан, црни јасен, бела топола, црвена врба и друго. У приземној флори доминирају дивља ружа, купина, дивља детелина, паламида и слично. Изнад речних долина простире се појас храстових шума, на око 1 200 m н.в. На нижим надморским висинама, оне су распрострањене на северним и јужним експозицијама, а на већим висинама срећу се само на јужним експозицијама. Изнад храстових, простире се појас букових шума. Оне су углавном добро очуване и густог склопа без израженог спрата шибља. Чисте букове шуме налазе се у планинским пределима, нарочито на Дели Јовану и огранцима Старе планине. На осталим местима појављују се следеће врсте: буква, бели јасен, пољски клен, липа, вез, брекиња и друге. На многим местима у сливу налазе се површине под чистим багремовим шумама. Багрем је уведен као заштита од ерозије после Првог светског рата, а њиме је интензивније пошумљавање вршено после Другог светског рата. У околини Бора показало се да он добро подноси сумпорне гасове. „Штетно дејство сумпор-диоксида на подручју Бора у пречнику од 20 km је велико. Овај гас разорно делује на биљни свет“ (Благојевић, 1998). Местимично има и борових шума, нарочито у околини Бора (Слатина, Брестовачка бања, Кривељ).

Слив Црног Тимока према учешћу шума у укупној површини слива спада у најшумовитија подручја слива Тимока. Шуме су предодређене орографијом терена (Ртањ, Тупижница, Јужни Кучај). Од свих врста шумског дрвећа најзаступљенија је буква. Храстове шуме простиру се између Ртња и Кучајских

планина и западно од развођа Борске и Бањске реке. Смреча и јела, као аутохтони четинари, заступљени су на северним падинама Ртња.

У непосредном сливу Белог Тимока букове шуме заузимају више положаје планинских венаца Старе планине и Тупижнице. Слив Сврљишког Тимока има малу површину под шумом. Храстове и букове шуме заступљене су на обронцима Сврљишких планина. Десна страна слива Трговишког Тимока (Стара планина и Тресibaба) обрасла је претежно шумом, док је лева страна знатно огољена нерационалном сечом.

Непосредни слив Тимока има најмањи удео шума у укупној површини. Храстови су најзаступљенији од свих врста шумског дрвећа и то су претежно ниске шуме у облику забрана и појединачних стабала распоређених по сливу. Већих целина под храстовим шумама има мало. Буква је заступљена знатно мање него у другим областима слива Тимока.

Према подацима Републичког завода за статистику Србије (табела 16), у шест општина слива Тимока шуме заузимају 187 662,5 ha или 33,8% укупне површине тих општина (Шумарство, Општине и региони у Републици Србији, 2011). Треба напоменути да се укупна површина слива Тимока не поклапа потпуно са укупном површином свих општина које се налазе у њему. Делови територија неких општина се налазе у границама слива или изван њега. Из тих разлога постоји неслагање између укупне површине ових шест општина и површине слива Тимока.

Табела 16 – Површине под шумама у општинама

Општина	Површина општине (km ²)	Површина под шумом*	
		ha	%
Неготин	1 093	27 530,0	25,2
Бор	856	36 831,0	43,0
Зајечар	1 068	28 232,5	26,4
Књажевац	1 202	42 390,8	35,2
Сврљиг	497	11 523,6	23,2
Бољевац	827	41 154,6	49,7

*Стање на крају 2008. године

Ливадско-пашњачка вегетација се појављује како у долинама, тако и у брдском и планинском подручју. Долинске ливаде и пашњаци распрострањени су у долинама река, махом на алувијалним наносима. Овај тип вегетације заступљен је следећим врстама: зубача, камфорова трава, боквица, маслчак, млечика, мирисавка и др. Брдске и планинске ливаде и пашњаци имају широк ареал простирања. Појављују се почев од најнижих брда, која окружују речне долине, па све до највиших планинских врхова. У брдским подручјима не захватају веће комплексе, какав је случај у планинском рејону.

Највеће површине под ливадама и пашњацима налазе се на подручју планинских масива Дели Јована, огранцима Црног Врха, Кучаја, Ртња, Сврљишких планина и на падинама Старе планине. Појављују се на већем пространству и у склопу шума, а мањи комплекси срећу се и у брдовитим деловима, углавном поред ораница (Група аутора, 1974).

Површине под мочварном вегетацијом нису велике, а појављују се у појединим речним долинама. Ареал простирања ове вегетације смањен је регулацијом речних токова и исушивањем земљишта.

6. ХИДРОЛОШКА СВОЈСТВА СЛИВА

6.1. Подземне воде

На проучаваном простору формирана је издан са значајним резервама воде у карсту, алувијуму и неогеним седиментима, што је и наведено у одељку о хидрогеолошким својствима терена. Степен познавања хидрогеолошких и хидродинамичких параметара за утврђивање количине и квалитета подземних вода је још увек недовољан за планирање рационалног коришћења овог водног ресурса. Непостојање хидролошке осматрачке мреже за регистровање режима и елемената биланса подземних вода за последицу има непостојање података о промени пијезометријског нивоа артеских издани и основних билансних показатеља бројних карстних врела значајних за локално и регионално водоснабдевање.

Укупан капацитет постојећих изворишта подземних вода на територији Борског округа је 215 l/s, од чега је 65 l/s воде из алувијума, 60 l/s из неогена, а остатак од 90 l/s из карстне издани. На територији Зајечарског округа знатно је већи капацитет изворишта подземних вода. Од 635 l/s воде, највећи део, 525 l/s, је вода из карстне издани, а остатак од 110 l/s је вода из алувијума. Потенцијалне количине подземних вода које се могу добити у наредном периоду су знатно веће (у Зајечарском 1391 l/s, а у Борском округу 430 l/s). Издашност карстне издани се процењује на 1241 l/s у Зајечарском округу, што је знатно више од тренутних количина воде које се могу користити. Издашност издани у алувијуму процењује се на 150 l/s. У Борском округу оцењене количине подземних вода из алувијума су 200 l/s, а из неогена 140 l/s. Капацитет постојеће и потенцијалне издашности карстне издани је једнак и износи 90 l/s (Водопривредна основа Републике Србије, 2001).

Сложен геолошки састав терена и некадашња вулканска активност условили су појаву термоминералних вода. Оне су одавно познате на теренима тимочке еруптивне области, и као такве коришћене у балнеолошке сврхе, почев од времена владавине Римљана у Србији до данас. О томе сведоче остаци старих каптажа и других објеката.

„У генетском погледу минерална вода се може окарактерисати као инфилтрациона, с тим што се претпоставља да садржи и мање количине јувенилне воде. Ову задњу треба везати за дацитско-андезитски вулканизам источне Србије, или за његове најмлађе фазе“ (Вујановић и Теофиловић, 1983).

Изворишта минералних и термалних вода од важности са медицинског, рекреативно-туристичког и привредног аспекта су: Брестовачка, Гамзиградска, Николичевска, Ргошка и Шарбановачка бања.

Брестовачка бања налази се у близини ушћа Црновршке реке и потока Пујице у Бањску реку, око 10 km југозападно од Бора, на надморској висини од 385 m. Термални извори били су познати још у турско време. У време владавине кнеза Милоша бања је носила назив „Дворске бање“, а посећивали су је и страни гости. Прва анализа минералне воде обављена је 1834. године у Бечу.

Минерална вода се одликује ниском минерализацијом. Садржај највећег броја макроелемената је низак, а микроелементи су присутни углавном у траговима. Веома је висок садржај силицијум-диоксида, калцијума, сумпор(IV)оксида и натријума. Присуство гвожђа и магнезијума није регистровано. Од микроелемената повећан је садржај мангана, флуора, брома и цинка (Вујановић и Теофиловић, 1983).

Регистровано је више термалних извора чија се температура креће од 16°C до 41°C, иако је на већини извора од 36°C до 38°C. Издашност појединих извора варира од 0,05 до 0,5 l/s, а на бушотинама 1,87–7,63 l/s воде (Мађејка, 2003). Минерална вода се користи за купање и пиће и најбољи резултати се постижу код лечења реуматичних обољења зглобова и мишића, кожних обољења, анемије, последица повреде и опште исцрпљености организма, несанице, неуралгије, и др.

Гамзиградска бања налази се у долини доњег тока Црног Тимока, око 11 km западно од Зајечара, на надморској висини од 160 m.

У 3. веку римски цар Гај Галерије Валерије Максимилијан изградио је луксузну палату у близини термоминералних извора. За потребе царске палате и пратећих објеката, термоминерална вода са оближњих извора довођена је аквадуктом. Сима Лозанић је извршио прву хемијску анализу воде 1889. године, а прва терапијска купања почела су годину дана касније. Уређење базена за терапијско купање почиње после 1925. године. Надлежност и бригу о лековитим

изворима преузела је општина Гамзиград 1927. године, а две године касније уступљена је управи Моравске бановине. Године 1954. Народни одбор среза Зајечар донео је одуку о уређењу и заштити бање. Извршена су хидрогеолошка истраживања, урађене нове хемијске анализе воде, одређене индикације и контраиндикације, обновљена су купатила, регулисано је корито Црног Тимока и сл. (Станковић, 2005).

Минерална вода се одликује ниском минерализацијом и ниским садржајем већине макроелемената. Присутан је висок садржај хлора, калцијума и силицијум-диоксида и умерени садржај хидрокарбоната. Микроелементи су присутни у малим концентрацијама, изузимајући флуор, јод, стронцијум и манган којих има у повећаним садржајима (Вујановић и Теофиловић, 1983).

Гамзиградска бања има више природних и вештаких извора олигоминералне воде. Извори имају воду сличног физичко-хемијског састава, али различите температуре. То је вода $\text{HCO}_3\text{Cl-Na}$ типа, укупне минерализације 0,65 g/l, pH-7,4. Користи се само 5 термоминералних извора – 2 у кориту реке и 3 на обали реке. Извори у кориту реке су издашности 2,5–2,8 l/s, температуре до 41°C, и могу да се користе само при ниском водостају реке. Група извора на обали реке, над којима је подигнуто купатило, има укупну издашност 2,5–5,5 l/s, а температуру воде 37–40°C (Протић, 1995). Од каптираних извора у кориту Црног Тимока вода је спроведена до када и три базена. У терапијске сврхе користи се и лековито блато (Костић, 1974). Вода и блато лече реуматизам зглобова и мишића, последице повреда, ишијас, запаљење трбушне и плућне марамице и неке кожне болести.

Термоминерални извори **Шарбановачке бање** налазе се у долини Јасенове реке, у селу Шарбановац, око 18 km северозападно од Зајечара. Температура минералне воде износи 29°C, pH>8,4, тврдоћа 0,56°dH, а минерализација 0,277 g/l. Минерална вода Шарбановачке бање има веома ниску минерализацију и ниске садржаје највећег броја макроелемената, уз потпуно одсуство магнезијума и угљен-диоксида. Висок је само садржај азота, доста висок силицијум диоксида, повећан сумпор(IV)оксида и низак садржај натријума (Вујановић и Теофиловић, 1983). Терапијска својства воде нису довољно проучена.

Николичевска бања налази се у долини Николичевске реке, око 8 km северозападно од Зајечара, на надморској висини од 114 до 210 m. Постоји 8

термалних извора који имају температуру воде од 37°C, рН 7,5, тврдоћу 6,16°dH, а минерализацију од 0,639 g/l. Минерална вода се одликује ниском минерализацијом, као и ниским садржајем највећег броја макроелемената. Присутан је висок садржај амонијум јона, повећан натријума и хидрокарбоната, знатно повећан хлора и умерени садржај сумпор(IV)оксида. Гвожђе је практично потпуно одсутно (Вујановић и Теофиловић, 1983). Према досадашњим истраживањима, термоминералне воде ове бање могу да се користе за лечење: хроничног инфламаторног реуматизма, дегенеративног реуматизма и др.

Термоминерални извори **Ргошке бање** налазе се на обали Сврљишког Тимока, око 5,5 km југозападно од Књажевца, непосредно уз село Ргоште. До сада су откривена четири извора у кречњацима, на малој међусобној удаљености. Издашност извора креће се 5–30 l/s, а температура 25–30°C. По наводима М. Костића (1973) „...минерална вода у термалној издани има углавном константну температуру“. Главни извор се појављује као сифонско узлазно карстно врело. Минерална вода се одликује веома ниском минерализацијом и ниским садржајем скоро свих макроелемената, а повећаним садржајем калцијума и хидрокарбоната (Вујановић и Теофиловић, 1983). У терапијске сврхе користе се два мања купатила и чесма за пиће. Бањска вода користи се и за базен „Бањица“ недалеко од изворишта. Лековито дејство минералне воде помаже у лечењу неуролошких обољења, реуматизма, болести локомоторног апарата, псоријазе и других кожних болести и сл.

6.2. Речни систем Тимока

Тимок (Велики Тимок) настаје спајањем Белог Тимока, који дотиче са југоистока, и Црног Тимока, који дотиче са југозапада. Сутока ових река је око 2 km североисточно од Зајечара, на апсолутној висини од 120 m. Дужина Тимока је 86,77 km, а заједно са Белим и Сврљишким Тимоком износи 207,74 km. Укупна површина слива Тимока је 4 566,64 km². Од тога, на непосредни слив Великог Тимока долази 1 038,05 km² или 22,7%. Тимок тече најпре правцем север–североисток и после 1 km тока са леве стране прима своју највећу притоку Вражогрначку реку (Борска река, Бела река). Затим улази у кратку, уску и лучно

усечену клисуру испод Златије. Одавде тече кроз флувијално ерозивно проширење код села Трнавца, а низводно се протеже 24 km дугачка клисура Соколовица, позната и под називом Велика клисура. Она је дубоко усечена (200–240 m) и кроз њу Тимок тече кроз долинске меандре. У клисури је 1949. године пуштена у рад ХЕ „Соколовица“ инсталиране снаге 3,8 MW. Од железничке станице Брусник до села Вељкова дно долине има пространу алувијалну раван.



Слика 6 – Река Тимок код Тамнича

Од села Вељкова па до ушћа, Тимок тече алувијалном равни Дунава дужином од 18 km. У доњем делу тока, он има одлике равничарске реке, широке 30–40 m и дубоке 0,8–2 m. Дно реке је највећим делом покривено дебелим наслагама муља, обале су засечене ерозијом, а приобаље је на више места засуто муљем и песком, под хидрофилном вегетацијом или без ње. Утиче у Дунав око 10 km источније од Неготина, на 30 m надморске висине. Веће леве притоке су Сиколска, Глоговичка, Јелашничка и Вражогрначка река, а од десних притока већа је Браћевачка река. На сектору источно од Мокрања до близу ушћа, на дужини од 15,5 km, Тимок је гранична река између Србије и Бугарске.

Бели Тимок настаје спајањем Сврљишког и Трговишког Тимока код Књажевца. Дугачак је 51,26 km, а са Сврљишким Тимоком дужина износи 120,97

km. Површина непосредног слива је 893,23 km², а са изворишним крацима, 2 149,59 km², што чини 47,1% површине слива Тимока. Бели Тимок тече од југа ка северу, између Тупижнице и Слемена на западу и огранака Старе планине на истоку. На свом почетку, у Књажевцу, тече најпре кроз истоимену котлину, а низводно широм речном долином са местимичним проширењима и сужењима. У близини Вратарнице улази у познато сужење – Вратарничку клисуру, дугу 5 km и дубоку 170–190 m. Ова клисура представља својеврсну границу између јужног Књажевачког и северног Зајечарског дела слива Белог Тимока. У Књажевачкој котлини Бели Тимок гради пространу алувијалну раван, изнад које су очуване речне терасе. Од значајнијих и већих притока, у горњем току, он прима Валевачку реку са леве, а Јелашничку реку са десне стране. Од Вратарнице до Зајечара Бели Тимок тече широкодолинском равни у којој се стиче више његових притока. Најзначајнија и највећа је Грлишка река која се улива у Бели Тимок нешто узводније од Зајечара. С десне стране, са огранака Старе планине, притичу Коритска, Селачка и Шашка река.



Слика 7 – Бели Тимок у Књажевачкој котлини

Трговишки Тимок је десна саставница Белог Тимока. Дужина му је 52,32 km, а површина слива 533,68 km². Настаје од Ћуштичке и Црновршке реке које се спајају код Балта Бериловца. Правац тока Трговишког Тимока је југоисток–северозапад. Низводно од Калне он је у кречњачким стенама усекао 3,5 km дугачку и до 500 m дубоку клисуру Коренатац. Код археолошког локалитета Бараница, у долинским меандрима, Трговишки Тимок се за време лета преграђује, вода се ујезерава и служи за рекреацију становништва околних насеља. По изласку из клисуре тече по долинској равни ширине 230–500 m и у том делу тока прима Папратску и Жуковачку реку. Долина се низводно све више шири до сутоке са Сврљишким Тимоком.



Слика 8 – Трговишки Тимок у Књажевцу

Средња надморска висина слива је 745 m. Слив је асиметричан, његова десна страна је пространија и водом богатија од леве стране, коју чине кречњачки масиви Тресибабе и Јаловика. Десне притоке настају од извора на Старој планини и теку са истока на запад, а одликују се дубоким долинама. Највеће су Голема, Папратска и Жуковачка река.



Слика 9 – Састав Сврљишког и Трговишког Тимока

Сврљишки Тимок је лева саставница Белог Тимока. Настаје од воде Турије, Висовске реке и Манојловачке реке, слабих токова који се састају код села Округлице на надморској висини од 450 m. Дужина реке је 69,71 km, а површина слива 722,68 km². На северној суподини Сврљишких планина, у близини села Периш, Сврљишки Тимок понире у простран пећински канал. У сушном периоду године Сврљишки Тимок се губи у издухама узводно од понора. Врело Сврљишког Тимока избија из пећине при дну голих кречњачких страна. Одликује се константним протицајем, који током године врло мало колеба. Изнад данашњег врела постоје два сува пећинска канала. Између понора и врела Сврљишког Тимока на површини је очувана стара скрашћена долина којом је некад, пре формирања понора и подземног тока, текао Сврљишки Тимок. Овај фосилни део долине је потпуно модификован – скрашћен и претворен у низ левкастих стеновитих вртача. Од места Округлица до села Нишевци, на дужини тока од 20 km, Сврљишки Тимок тече широком алувијалном равни, са плитко усеченим коритом. Низводно од села Нишевци гради 160 m дубоку и 1,2 km дугачку сутеску, а потом улази у малу Варошку котлину. Низводно, тече кроз Сврљишку клисуру, дубоку 110–360 m. Кроз клисуру, дужине 15 km, пролази железничка

пруга Ниш–Зајечар–Прахово. По изласку из клисуре Сврљишки Тимок протиче пространом Књажевачком котлином.



Слика 10 – Сврљишки Тимок у Књажевцу

Кроз Књажевац речни ток је каналисан и на више места премошћен. Сврљишки и Трговишки Тимок се спајају на северној периферији града, на 210 m надморске висине.

Значајније притоке Сврљишки Тимок прима тек по уласку у Књажевачку котлину. Највеће леве притоке су Глоговачка и Грезанска река, а од десних притока истиче се Жлинска река. С десне стране река нема већих притока јер протиче кроз кречњачки масив Тресибабе, где преовлађује подземно отицање а река се храни крашким изворима који избијају у самом кориту или у непосредној близини реке.

Црни Тимок извире испод јужних падина планине Кучај, у дну кречњачког облукa из три пећине, на 375 m висине, недалеко од насеља Криви Вир. Крашка врела дају просечно 1,6 m³/s. Два виша врела су стална, док је најниже периодско. Издашност им не пада испод 20 l/s (Гавриловић и Дукић, 2002). Црни Тимок је познат и под називом Кривовирски Тимок и Црна река. Дужина његовог тока

износи 87,85 km. Површина слива је 1 198,66 km². Од укупне површине слива Тимока, Црни Тимок заузима 26,2%.



Слика 11 – Црни Тимок у Гамзиграду

Долина Црног Тимока има изразито композитни карактер. Од изворишта до ушћа Црни Тимок тече кроз Кривовирску котлину, дужином од 9 km, све до села Лукова, у северном подножју Ртња. Низводно, тече кроз Јабланичку клисуру, која се пружа до ушћа Арнауте, дужином од 20 km. Названа је по селу Јабланици, које се налази у самој клисури. Од ушћа Арнауте река тече кроз пространу Сумраковачко–шарбановачку котлину, дужином од 21 km. Ова котлина захвата средњи део слива. Од дугачког рта Кулме, на левој страни Црног Тимока, почиње клисура Баба Јона и пружа се до села Звездана, дужином од 22,5 km. Од села Звездана Црни Тимок тече 10 km западним делом Зајечарске котлине и састаје се са Белим Тимоком 2 km североисточно од Зајечара (Петровић, 1970).

Веће притоке Црног Тимока су Мировска река, Арнаута и Оснићка река са десне стране, и Радованска река, Боговина, Злотска река и Брестовачка река са леве стране.

Грлишка река је највећа притока Белог Тимока. Настаје од два главна тока: Леновачке реке са притокама Негалица, Бачевичка река, Врбовчић и Лупоглава, и Ласовачке реке са притокама Братински поток, Митровска река и Мишков поток. Тече у правцу запад–исток и на око 4 km северно од села Вратешнице, на 140 m н.в., улива се у Бели Тимок. Укупна дужина тока је 32,8 km, а површина слива 201,91 km². Речна мрежа је развијенија на десној ($\Sigma L=157$ km), него на левој страни реке ($\Sigma L=54,5$ km). Изградњом бране, лоциране 4,5 km узводно од ушћа Грлишке реке у Бели Тимок, формирана је вишенаменска акумулација површине 110 ha при коти воде од 193,0 m н.в. (Стефановић и сарадници, 2007). У сливу је развијен процес ерозије, па се Грлишка река убраја у бујичарске токове.

Злотска река је лева и највећа притока Црног Тимока. Извире на источним падинама Великог Крша на Кучају. У горњем току има и друге називе: од изворишта до клисуре испод Кучаја зове се Рогожин, а у клисури до Пјатра Селишти – Бељевина. Низводно река добија своје право име. Ток јој се пружа прво према североистоку, у правцу Црног врха, где са леве стране прима неколико кратких водних токова. Низводно, лактасто скреће према југоистоку и протиче кроз клисуру Бељевине у кречњацима Кучаја, где прима веће количине воде из крашких врела. У доњем току тече источним подножјем Кучаја. Злотска река се улива у Црни Тимок око 5 km источно од Сумраковца, на 183 m н.в. Дужина тока је 30,5 km, а површина слива 279 km². Слив је асиметричан, чија десна страна има развијенију речну мрежу.

Сиколска река је лева притока Тимока. Одводњава воде са источних падина Дели Јована и тече у правцу запад–исток. Има више мањих притока од којих су важније Бела вода, Точак, Савинац и Плочар с десне стране, а Мала Речица, Врсовац, Балановац и Чубранска с леве стране. У Тимок се улива 4 km низводно од села Мокрања, на 50 m н.в. Дужина тока је 41,1 km, а површина слива 181 km². Просечна густина речне мреже је 1,26 km/km².

Регулација речних корита Великог Тимока и притока рађена је у малом обиму. Највећи број грађевина лоциран је на споју Трговишког и Сврљишког Тимока у Књажевцу, на Црном Тимоку код Зајечара и Гамзиградске бање, на Арнаути и Змијанцу кроз Бољевац и на Великом Тимоку у зони ушћа.

6.3. Хидрографска мрежа слива

Опште хидролошке и физичкогеографске карактеристике слива Великог Тимока добијене су са топографских и орохидрографских карата размере 1:50 000. Обрађени су и коментарисани морфометријски и хидрографски облици и параметри речног слива.

Речна мрежа у сливу Тимока анализирана је помоћу неколико параметара. Коефицијент кривудаости тока (К1) Тимока од 2,01 указује да је дужина тока два пута дужа од праве која спаја извор – ушће реке (узета дужина Белог и Сврљишког Тимока). Од пет Тимока, најмањи коефицијент кривудаости тока има Трговишки Тимок (К1 = 1,44), а највећи Сврљишки Тимок (К1 = 2,23). Коефицијент кривудаости тока Белог Тимока је 1,77, а Црног Тимока 1,93.

У табели 17 приказана је укупна дужина свих сталних токова за сливове сваког Тимока понаособ и посебно на левој и десној страни слива. Дужина свих водотока (ΣL) у сливу Тимока је 2 816,09 km. Левој половину слива чини 1 692,91 km водотока, а десну 915,45 km. Хидрографска мрежа слива Тимока приказана је на слици 12, а у табелама 18–20 дати су основни морфометријски показатељи водотока чија је дужина већа од 5 km.

Табела 17 – Општи хидролошки параметри слива Тимока

Река	Дужина водотока (km)	Коефицијент кривудаости тока	Просечан пад водотока (%)	ΣL (km)	ΣL десна (km)	ΣL лева (km)	Густина речне мреже (km/km ²)
Сврљишки Тимок	69,71	2,23	7,03	396,52	107,29	219,52	0,54
Трговишки Тимок	52,32	1,44	23,70	468,75	236,09	180,34	0,87
Бели Тимок	120,97	1,77	4,79	1 427,51	803,21	503,33	0,66
Црни Тимок	87,85	1,93	2,90	742,05	218,48	435,72	0,62
Тимок	207,74	2,01	3,22	2 816,10	915,45	1 692,91	0,61

Табела 18 – Основна морфометријска својства река у сливу Белог Тимока

Редни број	Назив реке	Слив	Притока – саставница реке	Лева / Десна	Ранг притоке	Географске координате ушћа реке		Дужина реке (km)
1	Бели Тимок	Тимока	Тимока	Десна	I	43° 55' 10"	22° 18' 11"	120,97
2	Лубничка	Б.Тимока	Б. Тимока	Лева	I	43° 52' 44"	22° 18' 03"	18,98
3	Планиничка	Б.Тимока	Лубничке	Десна	II	43° 51' 49"	22° 15' 01"	16,57
4	Грлишка	Б. Тимока	Б. Тимока	Лева	I	43° 48' 53"	22° 17' 36"	32,84
5	Ласовачка	Б. Тимока	Грлишке	Десна	II	43° 48' 47"	22° 12' 13"	22,90
6	Леновачка	Б. Тимока	Грлишке	Лева	II	43° 48' 47"	22° 12' 13"	14,08
7	Митровска	Б. Тимока	Ласовачке	Десна	III	43° 45' 34"	22° 07' 56"	7,26
8	Заградска	Б. Тимока	Б. Тимока	Лева	I	43° 48' 18"	22° 18' 28"	7,42
9	Мањиначка	Б. Тимока	Б. Тимока	Лева	I	43° 39' 57"	22° 16' 16"	6,59
10	Валевачка	Б. Тимока	Б. Тимока	Лева	I	43° 35' 16"	22° 16' 08"	24,34
11	Лепена	Б. Тимока	Валевачке	Лева	II	43° 37' 15"	22° 13' 01"	13,21
12	Аврамички п.	Б. Тимока	Б. Тимока	Десна	I	43° 50' 47"	22° 18' 09"	6,27
13	Шашка	Б. Тимока	Б. Тимока	Десна	I	43° 47' 13"	22° 18' 59"	10,02
14	В. Шашка	Б. Тимока	Шашке	Лева	II	43° 47' 02"	22° 22' 17"	7,41
15	Река	Б. Тимока	Б. Тимока	Десна	I	43° 43' 23"	22° 18' 00"	8,71
16	Селачка	Б. Тимока	Б. Тимока	Десна	I	43° 42' 53"	22° 17' 46"	10,48
17	Клисура (Коритска)	Б. Тимока	Б. Тимока	Десна	I	43° 41' 28"	22° 17' 00"	20,55
18	Мала река	Б. Тимока	Клисуре	Лева	II	43° 39' 52"	22° 20' 02"	11,57
19	Иванска	Б. Тимока	Клисуре	Десна	II	43° 38' 36"	22° 24' 51"	3,76
20	Јелашничка	Б. Тимока	Б. Тимока	Десна	I	43° 38' 40"	22° 16' 29"	21,21
21	Голема	Б. Тимока	Јелашничке	Десна	II	43° 34' 35"	22° 25' 59"	5,03
22	Сиња река	Б. Тимока	Б. Тимока	Десна	I	43° 36' 10"	22° 16' 08"	11,44
23	Бук	Б. Тимока	Б. Тимока	Лева	I	43° 42' 28"	22° 17' 15"	7,00
24	Сврљишки Тимок	Б. Тимока	Б. Тимока	Лева	I	43° 34' 30"	22° 15' 54"	69,71
25	Трстеница	С. Тимока	С. Тимока	Лева	I	43° 29' 14"	22° 07' 10"	8,08
26	Грезанска	С. Тимока	С. Тимока	Лева	I	43° 33' 33"	22° 14' 55"	17,13
27	Река	С. Тимока	Грезанске	Лева	II	43° 35' 12"	22° 12' 38"	9,50
28	Тршинска	С. Тимока	Грезанске	Десна	II	43° 35' 34"	22° 11' 41"	10,98

29	Гложђе	С. Тимока	Грезанске	Десна	II	43° 35' 27"	22° 11' 48"	11,06
30	Глоговачка	С. Тимока	С. Тимока	Лева	I	43° 33' 06"	22° 14' 16"	8,06
31	Белица	С. Тимока	С. Тимока	Лева	I	43° 28' 16"	22° 06' 04"	12,21
32	Дубравска	С. Тимока	Белице	Десна	II	43° 28' 39"	22° 04' 37"	11,99
33	Смаиловац	С. Тимока	Дубравске	Лева	III	43° 28' 15"	22° 02' 43"	6,16
34	Калница	С. Тимока	С. Тимока	Лева	I	43° 26' 22"	22° 06' 44"	12,90
35	Лалинска	С. Тимока	Калнице	Лева	II	43° 25' 52"	22° 04' 20"	7,05
36	Правачка	С. Тимока	С. Тимока	Лева	I	43° 24' 46"	22° 08' 00"	12,95
37	Преконошка	С. Тимока	Правачке	Десна	II	43° 24' 36"	22° 07' 56"	6,46
38	Жлнска р.	С. Тимока	С. Тимока	Десна	I	43° 33' 02"	22° 14' 43"	9,75
40	Лукавица	С. Тимока	С. Тимока	Десна	I	43° 25' 13"	22° 07' 12"	5,36
41	Изворска р.	С. Тимока	С. Тимока	Десна	I	43° 23' 43"	22° 10' 57"	6,51
42	Вишевска р.	С. Тимока	С. Тимока	Десна	I	43° 22' 47"	22° 16' 14"	14,32
43	Манојличка р.	С. Тимока	С. Тимока	Десна	I	43° 22' 47"	22° 16' 14"	12,42
44	Турија	С. Тимока	С. Тимока	Десна	I	43° 22' 46"	22° 16' 13"	5,60
45	Трговишки Тимок	Б. Тимока	Б. Тимока	Десна	I	43° 34' 30"	22° 15' 54"	52,32
46	Лешћански п.	Т. Тимока	Т. Тимока	Лева	I	43° 29' 12"	22° 20' 06"	5,42
47	Изворска	Т. Тимока	Т. Тимока	Лева	I	43° 24' 51"	22° 25' 44"	9,33
48	Стањанска	Т. Тимока	Изворске	Дева	II	43° 23' 19"	22° 25' 40"	10,10
49	Враташница	Т. Тимока	Стањанске	Десна	II	43° 20' 57"	22° 27' 20"	5,12
50	Црвенчица	Т. Тимока	Т. Тимока	Лева	I	43° 24' 24"	22° 27' 38"	6,77
51	Видовачка	Т. Тимока	Т. Тимока	Десна	I	43° 33' 02"	22° 17' 16"	8,68
52	Жуковачка (Алдиначка)	Т. Тимока	Т. Тимока	Десна	I	43° 31' 25"	22° 17' 45"	20,94
53	Река	Т. Тимока	Жуковачке	Десна	II	43° 31' 46"	22° 18' 25"	12,00
54	Причевска	Т. Тимока	Жуковачке	Лева	II	43° 31' 13"	22° 21' 49"	8,79
55	Лева	Т. Тимока	Причевске	Десна	III	43° 29' 51"	22° 23' 05"	5,49
56	Папратска	Т. Тимока	Т. Тимока	Десна	I	43° 28' 04"	22° 21' 36"	17,43
57	Голема	Т. Тимока	Т. Тимока	Десна	I	43° 26' 17"	22° 24' 48"	11,84
58	Црновршка	Т. Тимока	Т. Тимока	Десна	I	43° 23' 38"	22° 29' 22"	18,08
59	Јањска	Т. Тимока	Црновршке	Десна	II	43° 24' 14"	22° 31' 08"	7,67
60	Дебестичка	Т. Тимока	Црновршке	Лева	II	43° 24' 10"	22° 31' 38"	9,27

61	Ћушtica	Т. Тимока	Т. Тимока	Лева	I	43° 23' 38"	22° 29' 22"	10,75
62	Товарница	Т. Тимока	Ћушtica	Десна	II	43° 21' 09"	22° 32' 07"	5,48
63	Свинова	Т. Тимока	Ћушtica	Десна	II	43° 22' 03"	22° 31' 22"	5,74

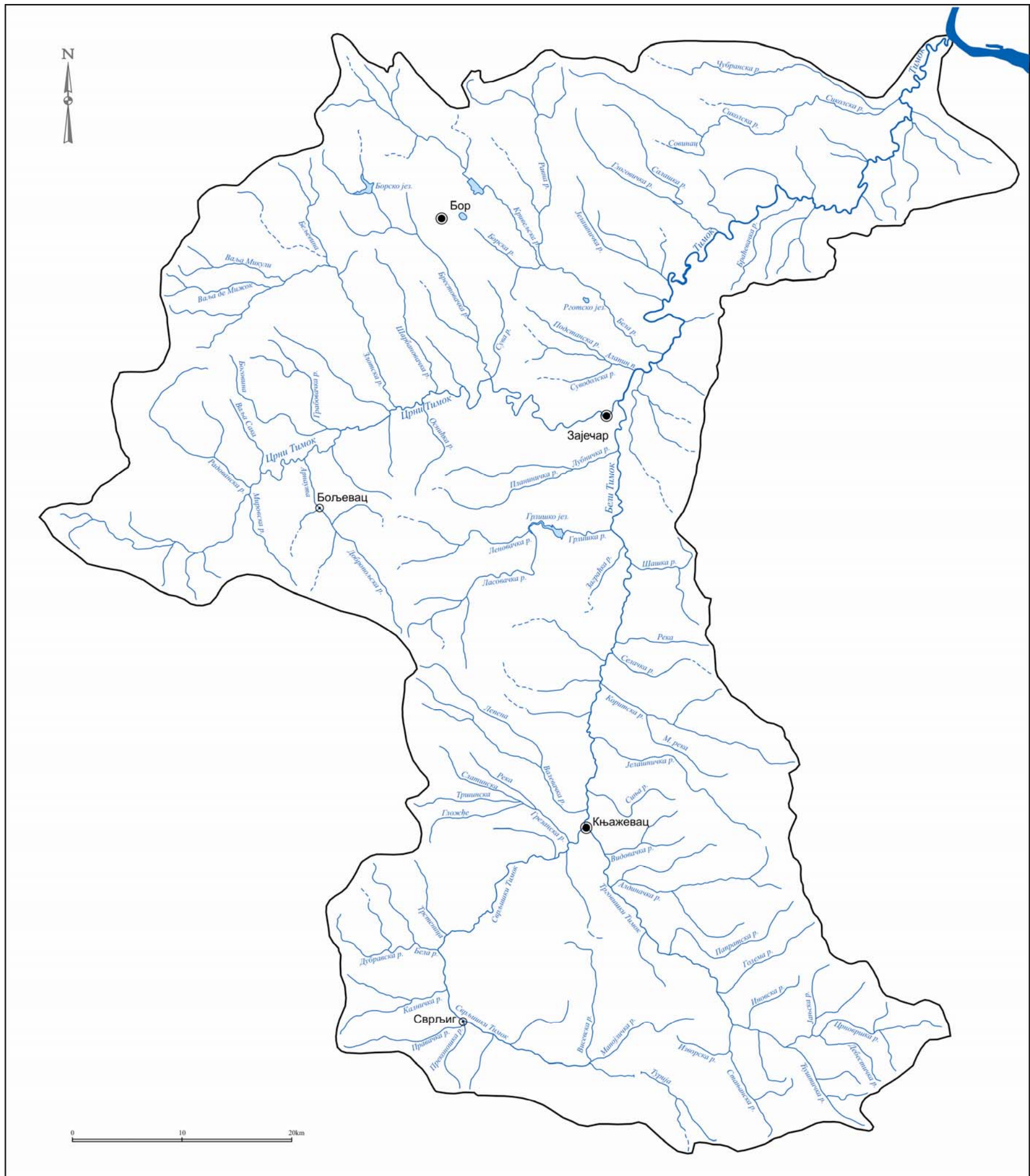
Табела 19 – Основна морфометријска својства река у сливу Црног Тимока

Редни број	Назив реке	Слив	Притока – саставница реке	Лева / Десна	Ранг притоке	Географске координате ушћа реке		Дужина реке (km)
1	Црни Тимок	Тимока	Тимока	Лева	I	43° 55' 10"	22° 18' 11"	87,85
2	Сува река	Ц. Тимока	Ц. Тимока	Лева	I	43° 56' 13"	22° 09' 28"	10,40
3	Брестовачка река	Ц. Тимока	Ц. Тимока	Лева	I	43° 56' 15"	22° 09' 26"	29,44
4	Џанов п.	Ц. Тимока	Брестовачке	Десна	II	43° 58' 04"	22° 08' 34"	8,58
5	Пунђилов п.	Ц. Тимока	Ц. Тимока	Лева	I	43° 55' 54"	22° 07' 31"	7,68
6	Шарбановачка	Ц. Тимока	Ц. Тимока	Лева	I	43° 55' 33"	22° 05' 42"	15,72
7	Злотска	Ц. Тимока	Ц. Тимока	Лева	I	43° 54' 49"	22° 03' 00"	30,50
8	Сарака	Ц. Тимока	Ц. Тимока	Лева	I	43° 54' 37"	22° 02' 32"	7,56
9	Ваља Петру	Ц. Тимока	Сараке	Лева	II	43° 55' 27"	22° 00' 08"	8,84
10	Ваља Микуљ	Ц. Тимока	Злотске	Десна	II	44° 01' 40"	21° 58' 40"	15,29
11	Ваља де Мижлок	Ц. Тимока	Ваља Микуљ	Десна	III	44° 00' 56"	21° 55' 33"	12,86
12	Боговина	Ц. Тимока	Ц. Тимока	Лева	I	43° 53' 34"	21° 59' 22"	18,25
13	Грабовачка	Ц. Тимока	Боговине	Лева	II	43° 53' 45"	21° 58' 32"	13,11
14	Ваља Сака	Ц. Тимока	Ц. Тимока	Лева	I	43° 51' 36"	21° 54' 02"	10,98
15	Радованска р.	Ц. Тимока	Ц. Тимока	Лева	I	43° 50' 46"	21° 53' 14"	21,17
16	Велика река	Ц. Тимока	Ц. Тимока	Десна	I	43° 48' 11"	21° 48' 13"	16,12
17	Мировска река	Ц. Тимока	Ц. Тимока	Десна	I	43° 50' 30"	21° 53' 16"	12,24
18	Арнаута	Ц. Тимока	Ц. Тимока	Десна	I	43° 52' 19"	21° 56' 58"	20,73
19	Прекостенска	Ц. Тимока	Арнауте	Лева	II	43° 47' 33"	22° 00' 53"	5,95
20	Ваља Маре	Ц. Тимока	Ц. Тимока	Десна	I	43° 52' 51"	21° 58' 53"	8,35

21	Арнаута	Ц. Тимока	Ц. Тимока	Десна	I	43° 54' 21"	22° 02' 38"	6,20
22	Оснићка	Ц. Тимока	Ц. Тимока	Десна	I	43° 55' 05"	22° 04' 51"	11,76
23	Селишки п.	Ц. Тимока	Ц. Тимока	Десна	I	43° 55' 08"	22° 11' 46"	8,16

Табела 20 – Основна морфометријска својства река у сливу Тимока

Редни број	Назив реке	Слив	Притока – саставница реке	Лева / Десна	Ранг притоке	Географске координате ушћа реке		Дужина реке (km)
1	Тимок	Дунава	Дунава	Десна	I	44° 12' 46"	22° 40' 33"	86,77
2	Сиколска	Тимока	Тимока	Лева	I	44° 09' 52"	22° 37' 05"	41,12
3	Чубранска	Тимока	Сиколске	Лева	II	44° 09' 24"	22° 36' 05"	24,00
4	Глоговичка	Тимока	Тимока	Лева	I	44° 03' 26"	22° 24' 56"	21,31
5	Салашка	Тимока	Глоговичке	Лева	II	44° 04' 50"	22° 22' 00"	10,85
6	Совинац	Тимока	Сиколске	Десна	II	44° 08' 08"	22° 23' 45"	5,74
7	Јелашничка	Тимока	Тимока	Лева	I	44° 00' 58"	22° 21' 28"	14,73
8	Дабинац	Тимока	Јелашничке	Лева	II	44° 01' 47"	22° 20' 04"	8,54
9	Алапин п.	Тимока	Тимока	Лева	I	43° 56' 40"	22° 19' 11"	11,09
10	Николићевска	Тимока	Алапин п.	Десна	II	43° 57' 00"	22° 17' 40"	8,41
11	Суводолска	Тимока	Алапин п.	Десна	II	43° 56' 57"	22° 17' 39"	4,65
12	Браћевачка	Тимока	Тимока	Десна	I	44° 04' 40"	22° 31' 27"	9,72
13	Кевска	Тимока	Тимока	Десна	I	44° 05' 00"	22° 30' 15"	8,93
14	Безданица	Тимока	Тимока	Десна	I	43° 57' 04"	22° 20' 42"	8,64
15	Бруснички п.	Тимока	Тимока	Лева	I	44° 05' 49"	22° 28' 58"	6,52
16	Вражогрначка (Борска, Бела) р.	Тимока	Тимока	Лева	I	43° 57' 30"	22° 21' 06"	35,80
17	Кривељска	Тимока	Борске	Лева	II	44° 01' 49"	22° 12' 50"	29,38
18	Равна река	Тимока	Борске	Лева	II	44° 01' 50"	22° 13' 06"	25,44
19	Церова	Тимока	Кривељске	Лева	III	44° 08' 51"	22° 03' 10"	5,35
20	Ујовица	Тимока	Равне	Лева	III	44° 09' 34"	22° 12' 20"	5,21
21	Ветрења	Тимока	Равне	Лева	III	44° 09' 07"	22° 12' 36"	5,32



Слика 12 – Речна мрежа у сливу реке Тимок

Просечна густина речне мреже је $0,61 \text{ km/km}^2$. Најмања је у сливу Сврљишког Тимока $0,54 \text{ km/km}^2$ (утицај краса), а највећа у сливу Трговишког Тимока – $0,87 \text{ km/km}^2$.

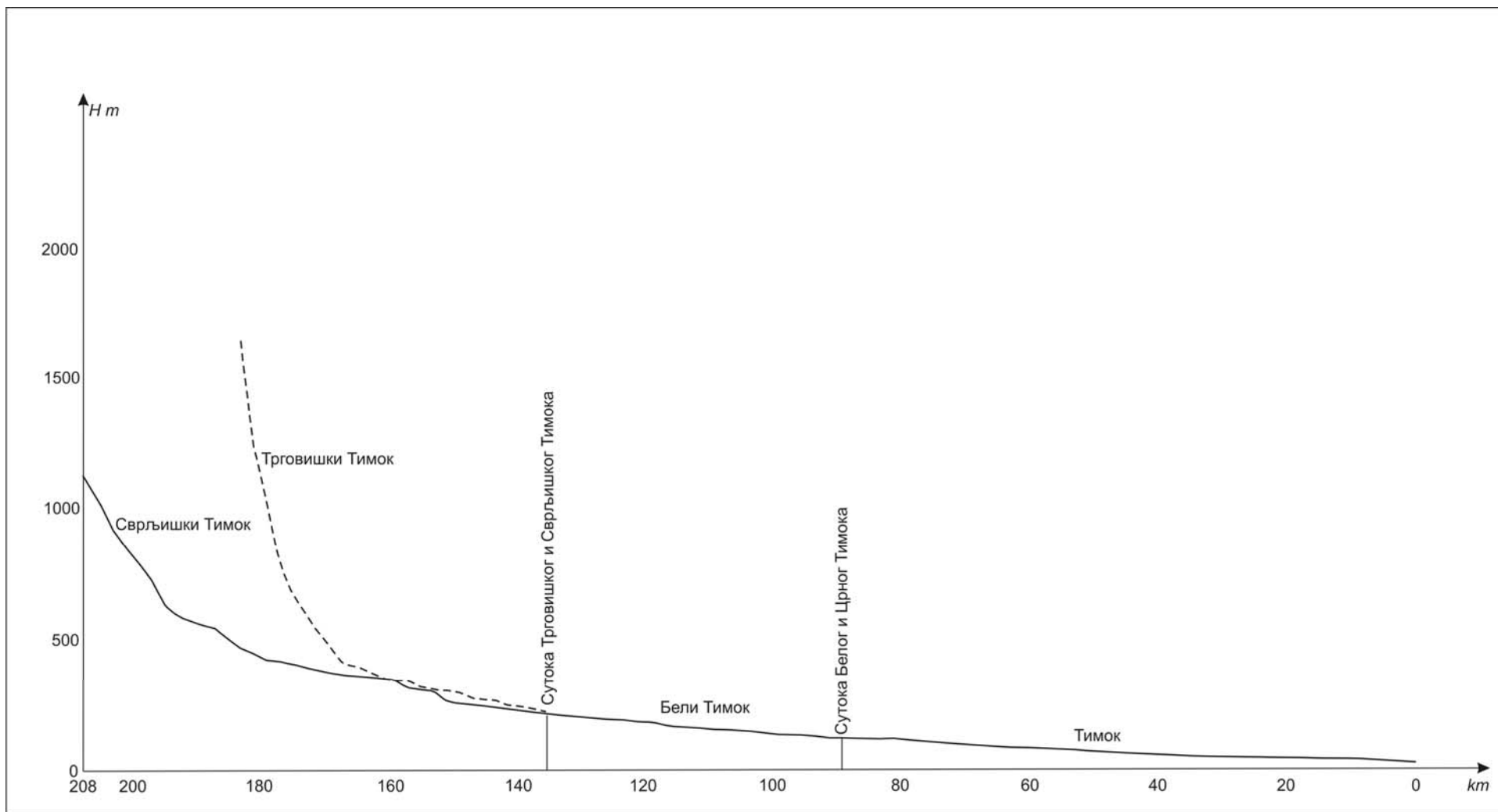
Густина речне мреже се разликује на појединим типовима стена. „Минимална је на кречњацима слива Црног Тимока, а максимална на метаморфитима слива Трговишког Тимока“ (Живковић, 1992).

Фреквенција притока (f_n) је добијена поделом дужине реке са бројем притока I реда. За Велики Тимок фреквенција притока је 1,62, тј. на сваких 1,62 km тока улива се по једна притока.

У директној вези са густином речне мреже је пређени пут падавина до водотока (P_u). За слив Сврљишког Тимока износи 1,82 km, Трговишког Тимока 1,13 km, Белог Тимока 1,50 km, Црног Тимока 1,61 km, а за слив Великог Тимока 1,62 km.

На слици 13 приказан је уздужни профил реке Тимок. Од изворишта Сврљишког Тимока до Књажевца и састава са Трговишким Тимоком укупан пад износи 490 m на дужини од 69,7 km, а просечан 7,03%. Идући низводно, како укупан, тако и просечан пад се постепено смањује. Укупан пад Белог Тимока од Књажевца до водомерне станице у Вратарници на дужини 30,3 km износи 55 m, а просечан 1,82%. Од водомерне станице у Вратарници до водомерне станице у Зајечару у дужини 16,4 km укупан пад износи 35 m или 2,13 m/km. Укупан пад Великог Тимока од састава Црног и Белог Тимока до ушћа износи 90 m на дужини од 86,7 km, а просечан 1,04 m/km (1,04%). Може се закључити да је Тимок у доњем току равничарска река. Овакав пад Тимока, сем у изворишту, није погодан за стварање већих и значајнијих акумулација у циљу рационалног искоришћавања његових вода.

Петар С. Јовановић је изнео мишљење да на облик уздужног профила знатно утиче примарни рељеф и да су детаљни поремећаји на уздужном профилу Тимока одређени поглавито раседима, а само делимично и у мањој мери епирогенетским покретима. На облик профила местимично је утицао и карстни карактер стена у подлози (Јовановић, 1938).



Слика 13 – Уздужни профил реке Тимок

6.4. Морфометријске карактеристике

У табели 21 приказани су општи подаци о површини слива, обиму, просечној ширини, коефицијенту издужености слива, коефицијенту асиметрије слива и коефицијенту развитка развођа.

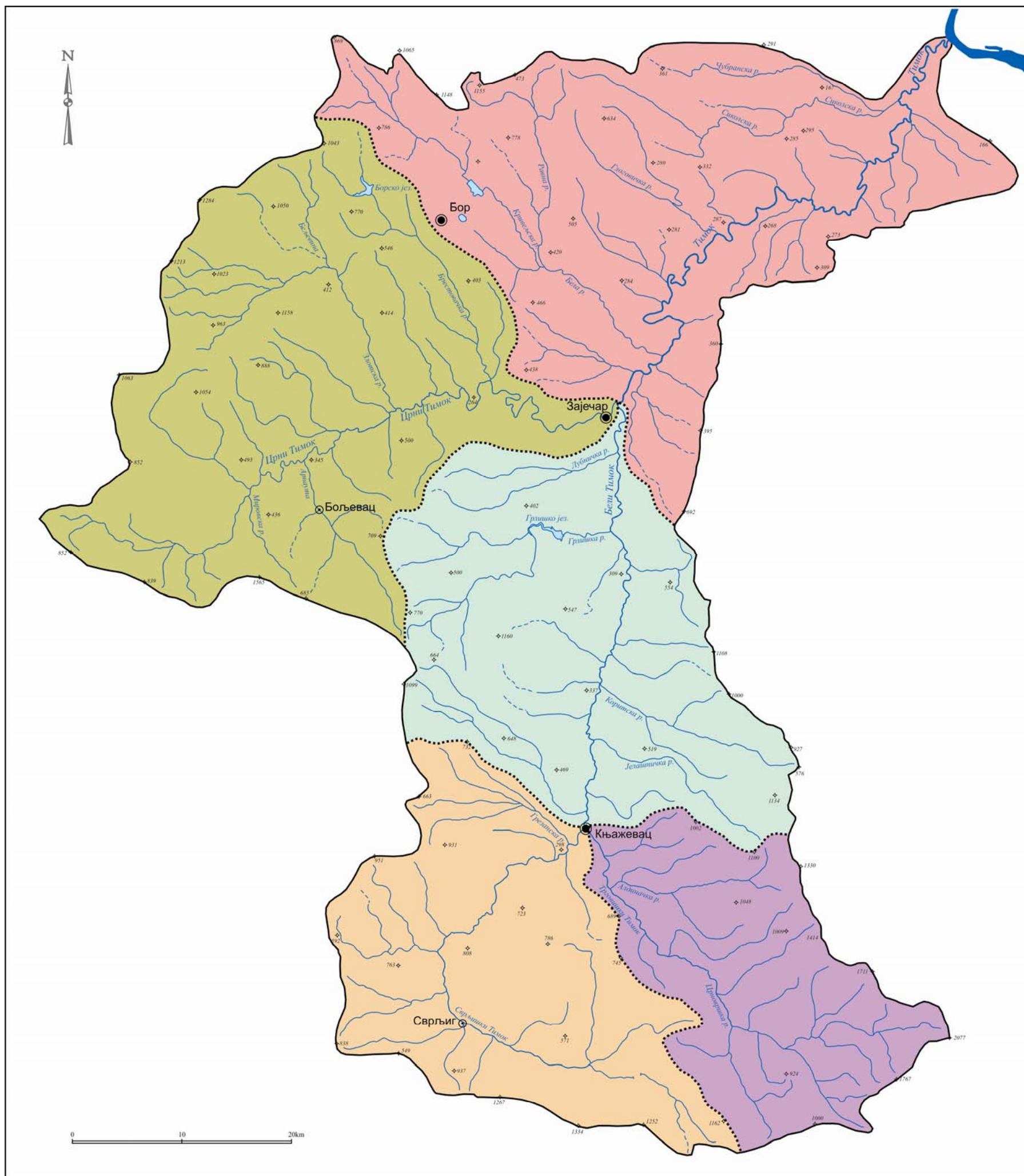
Површина слива Тимока је 4 566,64 km². Слив Белог Тимока има површину од 2149,62 km² или 47,1% укупне површине Тимока. Црни Тимок има површину слива од 1 198,66 km², односно 26,2% од укупне површине Тимока (слика 15).

Обим слива Тимока је 437,17 km, а просечна ширина 45,88 km. Коефицијент издужености слива, значајан у формирању великих вода, за слив Тимока износи 9,4. Највећу вредност од 11,4 овај коефицијент има у сливу Сиколске реке, што указује на најиздуженији слив.

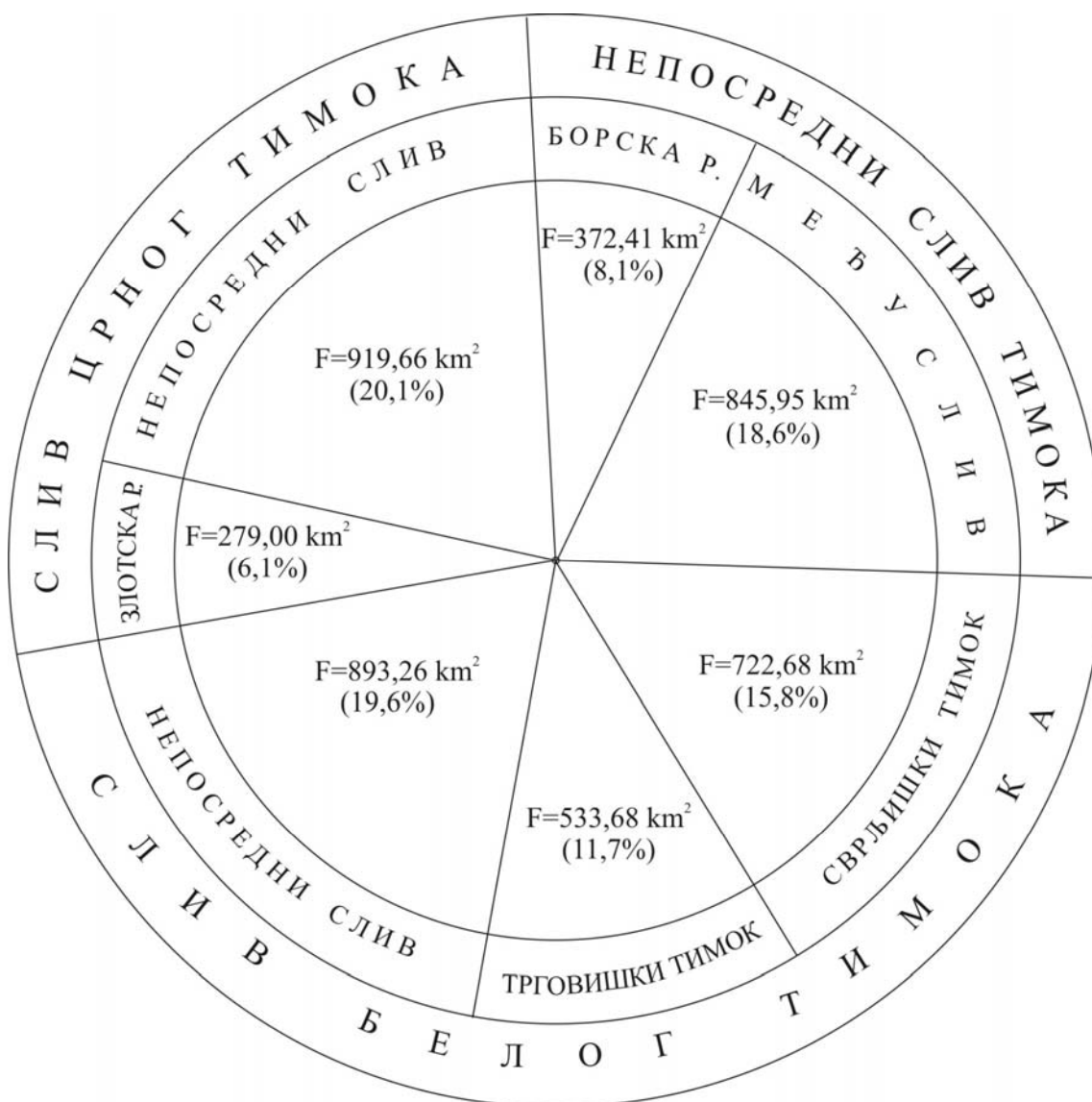
Табела 21 – Морфолошке одлике слива

Река	Површина слива (km ²)	Обим слива (km)	Коефицијент развитка развођа	Просечна ширина слива (km)	Коефицијент издужености слива	Коефицијент асиметрије слива
Сврљишки Тимок	722,68	139,63	1,45	26,88	6,72	1,39
Трговишки Тимок	533,68	122,21	1,48	19,44	5,13	2,33
Бели Тимок	2 149,62	235,12	1,42	32,58	6,80	1,96
Црни Тимок	1 198,66	189,73	1,53	27,67	6,44	2,19
Тимок	4 566,64	437,17	1,80	45,88	9,45	3,35

Коефицијент асиметрије слива Тимока је 3,35. Црни Тимок има коефицијент асиметрије 2,19, а Бели Тимок 1,96. Само Трговишки Тимок има на десној страни развијенији слив. Асиметрија слива Тимока је врло упадљива. Када се слив посматра у целини, запажа се да је развође на западу далеко померено од речне долине, док је источно непосредно изнад ње, тако да западни део слива захвата далеко веће пространство.



Слика 14 – Поделивои у сливу реке Тимок



Слика 15 – Кружни графикон распореда површина слива Тимока

Одређивање просечног коефицијента водопропустљивости речних сливова важно је за израчунавање отицаја, а у директној је вези са педолошким и геолошким саставом слива, односно зависи од површине слива изграђене од стена јаке, осредње и слабе пропустљивости (Оцокољић и Милијашевић, 2010). Вредности коефицијента водопропустљивости за слив Великог Тимока крећу се од 0,46 до 0,83. За слив Сврљишког Тимока вредност коефицијента је најмања, јер ова река има коефицијент закрашћености 50%. У сливу Великог Тимока вредности коефицијента закрашћености прилично варирају и крећу се и преко 50%. Највеће површине под кречњацима су у сливу Сврљишког и Црног Тимока,

а затим у непосредном сливу Белог Тимока. Код Сиколске реке, леве притоке Тимока, коефицијент закрашћености је 0 (Општи катастар вода, 1986).

Отицање воде у сливу у тесној је вези са надморском висином. У табели 22 приказани су пад слива, средња надморска висина слива и максимална и минимална висина у сливу. Највишу тачку у рељефу слива Тимока представља врх Старе планине – Тупанар (2 077 m), који је од највишег врха ове планине, Миџора (2 168 m), удаљен само 1 500 m. За разлику од тога, најнижа тачка у рељефу слива Тимока је на његовом ушћу у Дунав (30 m), које се налази 10 km источније од Неготина и недалеко од граничне тремеђе Србије, Бугарске и Румуније.

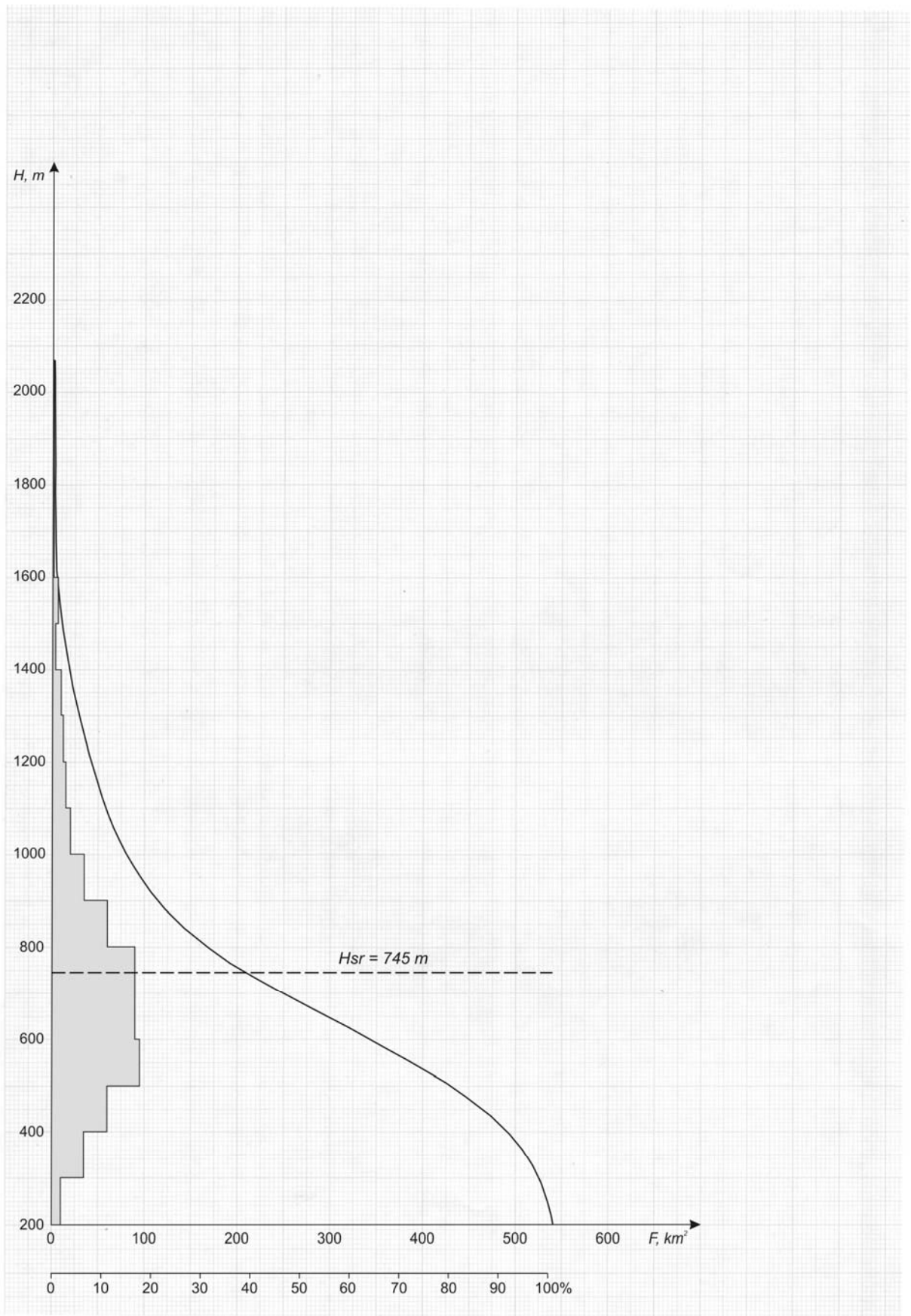
Табела 22 – Општи физичкогеографски параметри слива Тимока

Река	Средња надморска висина (m)	Н max слива (m)	Н min слива (m)	Пад слива (%)
Сврљишки Тимок	626	1 350	210	14,8
Трговишки Тимок	745	2 077	210	31,0
Бели Тимок	557	2 077	120	19,6
Црни Тимок	512	1 560	120	13,0
Тимок	472	2 077	30	15,6

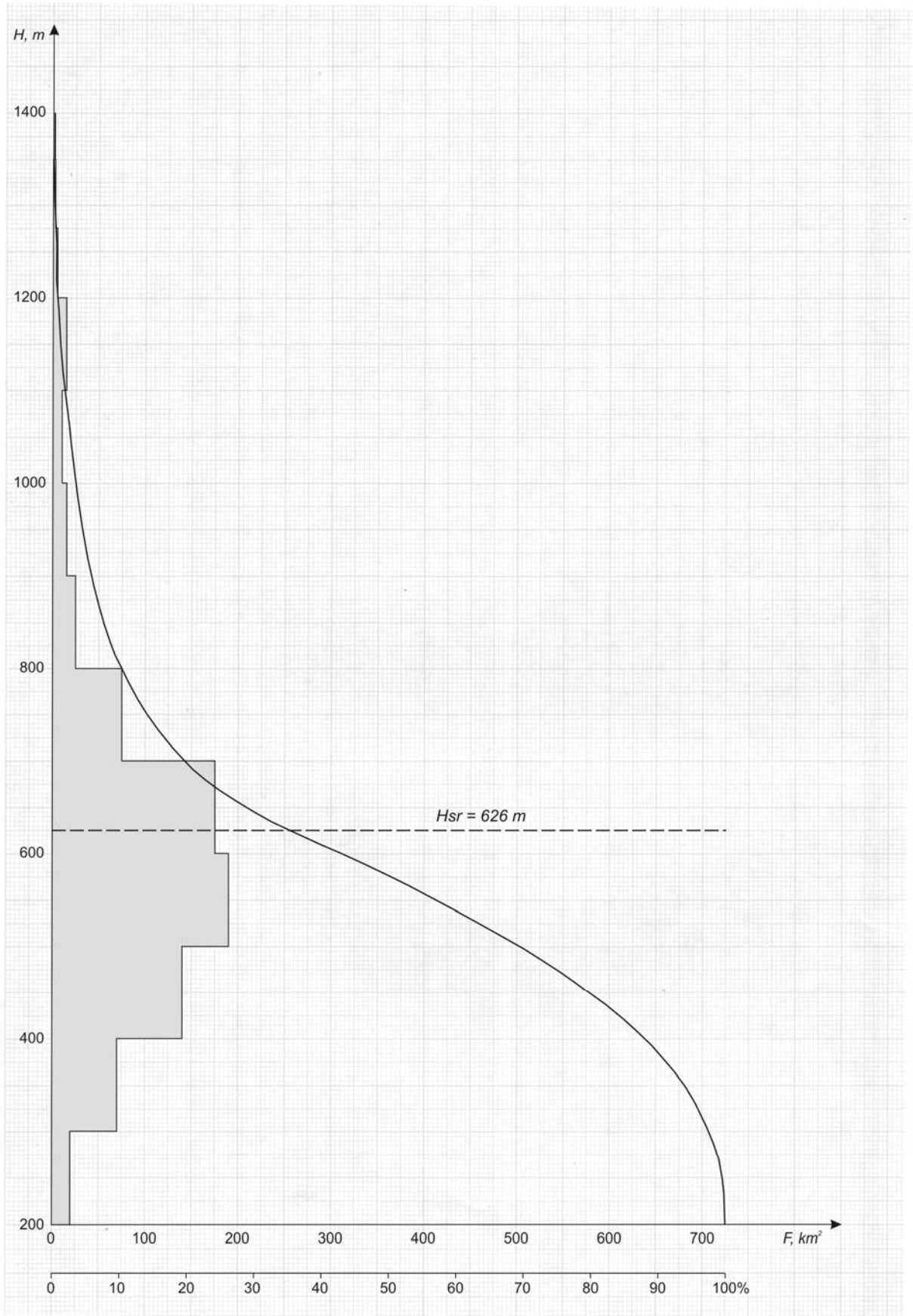
Средња надморска висина слива Тимока је мања од 500 m ($H_{sr} = 472$), што показује да алувијон заузима већи део површине слива у долини реке од Књажевца до ушћа. Уз средње надморске висине приказане су хипсографске криве (слике 16–20). На основу њих се може закључити да је у сливу Тимока изнад 500 m надморске висине заступљено 1 800,8 km² (39,4%), изнад 1 000 m надморске висине 149,5 km² (3,3%). Средња надморска висина слива је знатно мања у односу на средњу надморску висину развођа (H_r), нпр. Велики Тимок има $H_{sr} = 472$ m, а $H_r = 672$ m. Развође речног слива значајан је фактор у изучавању режима вода, јер висока развођа могу представљати препреку ваздушним струјањима и утицати на количину падавина, што је случај са Старом планином.

Табела 23 – Расподела површина слива по висинским зонама

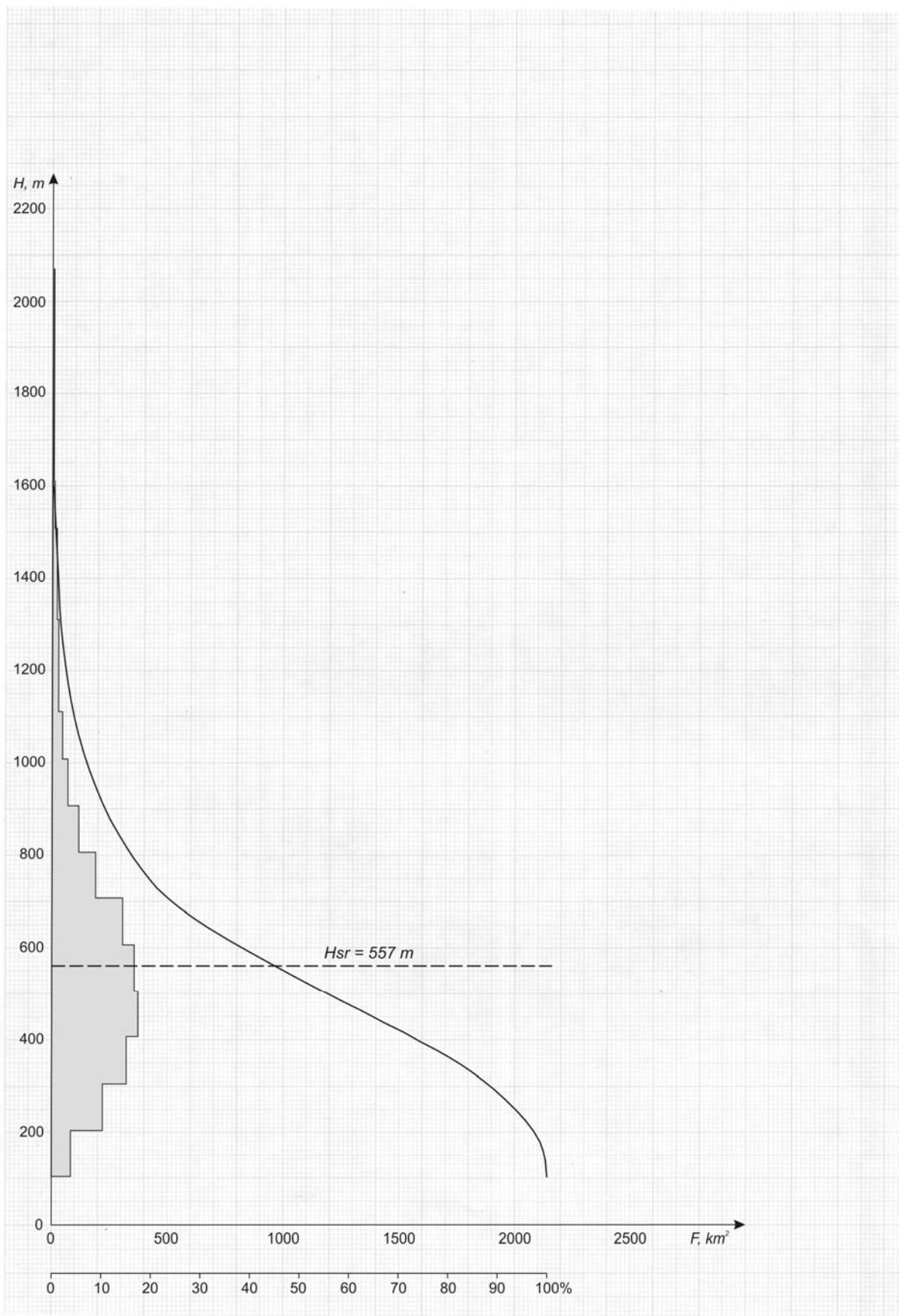
H (m)	Велики Тимок		Бели Тимок		Сврљишки Тимок		Трговишки Тимок		Црни Тимок	
	F (%)	F (km ²)	F (%)	F (km ²)	F (%)	F (km ²)	F (%)	F (km ²)	F (%)	F (km ²)
<100	3,30	150,70								
100-200	8,26	377,20	3,90	83,84					4,62	55,38
200-300	16,25	742,08	9,93	213,46	3,13	22,61	2,67	14,27	15,60	186,99
300-400	18,20	831,13	15,10	324,59	9,44	68,21	6,45	34,40	22,40	268,50
400-500	14,55	664,45	17,00	365,44	19,11	138,12	11,31	60,35	14,30	171,41
500-600	11,70	534,30	16,55	355,76	25,52	184,45	16,22	86,57	9,40	112,67
600-700	9,42	430,18	14,20	305,25	23,40	169,10	15,04	80,25	8,25	98,89
700-800	7,00	319,66	8,95	192,39	10,26	74,18	14,84	79,20	9,21	110,40
800-900	5,11	233,36	5,45	117,15	3,47	25,11	10,94	58,37	9,00	107,83
900-1000	2,93	133,80	3,25	69,86	2,62	18,95	6,37	34,00	5,10	61,13
1000-1100	1,34	61,19	2,02	43,42	2,05	14,80	3,76	20,08	1,25	14,98
1100-1200	0,84	38,36	1,42	30,52	2,65	19,15	2,85	15,19	0,66	7,91
1200-1300	0,41	18,72	0,80	17,20	1,14	8,25	2,34	12,50	0,13	1,56
1300-1400	0,20	9,13	0,41	8,81	0,67	4,86	1,76	9,38	0,05	0,60
1400-1500	0,17	7,76	0,35	7,52			1,06	5,65	0,03	0,36
1500-1600	0,12	5,48	0,26	5,59			2,01	10,74	0,004	0,05
1600-1700	0,09	4,11	0,19	4,08			1,25	6,66		
1700-1800	0,05	2,28	0,11	2,36			0,70	3,74		
1800-1900	0,03	1,37	0,07	1,50			0,34	1,82		
1900-2000	0,02	0,91	0,04	0,86			0,09	0,49		
>2000	0,004	0,18	0,01	0,21			0,006	0,03		



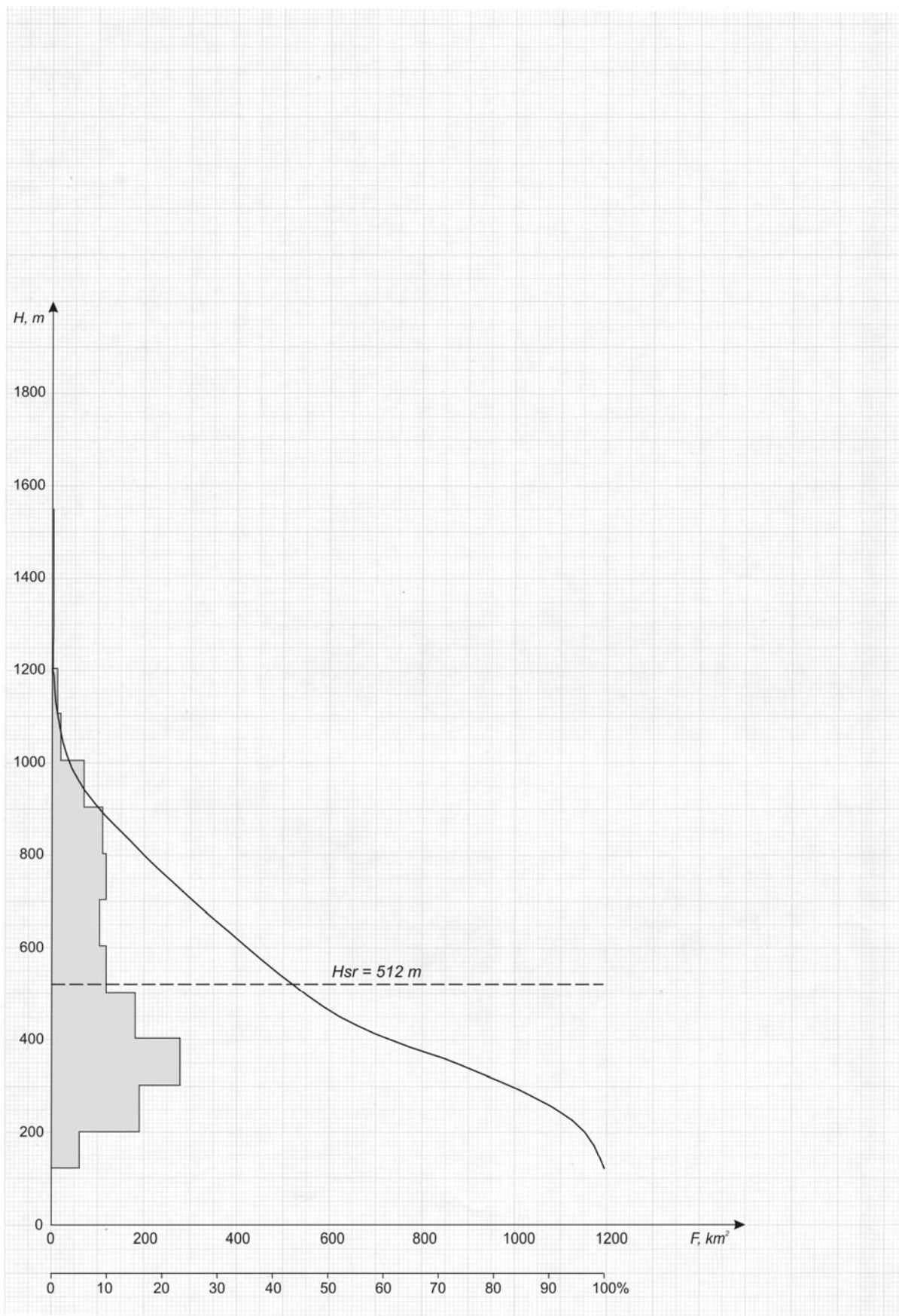
Слика 16 – Хипсографска крива Трговишког Тимока



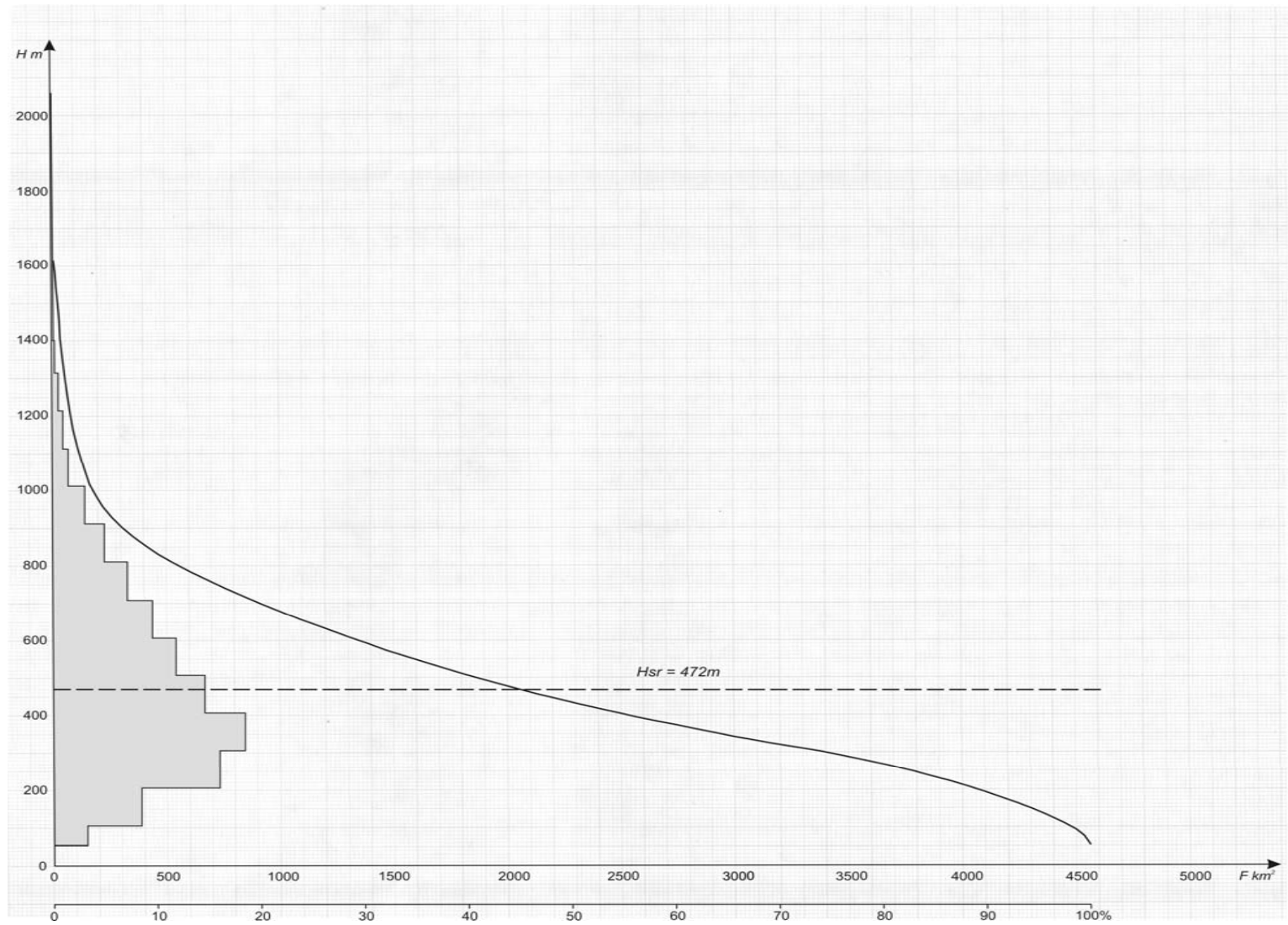
Слика 17 – Хипсографска крива Сврљишког Тимока



Слика 18 – Хипсографска крива Белог Тимока



Слика 19 – Хипсографска крива Црног Тимока



Слика 20 – Хипсографска крива Тимока

6.5. Водне акумулације у сливу Тимока

У сливу Тимока, без обзира на бројне потоке и реке, постоји само неколико мањих вештачких језера. Изузимајући Борско и Грлишко језеро, остала су без већег хидролошког, водопривредног и укупног економског значаја. У општини Зајечар налази се пет вештачких језера: Грлишко, Рготско, Глоговачко, Совинац и Соколовица, а на територији борске општине је Борско језеро.

Борско језеро је настало 1959. године и спада у мање акумулације. Основна намена језера је обезбеђење довољне количине воде за потребе рударских и индустријских погона у Бору. Брана, висине 50 m и дужине 170 m, изграђена је на Брестовачкој реци (Бањска река), левој притоци Црног Тимока, у крају познатом под називом Савача. Изазвала је потапање најнижих делова долина Ваља Жони и Марецове реке, изворишних кракова Брестовачке реке.



Слика 21 – Борско језеро

У басену Борског језера акумулирано је 11 900 000 m³ воде. При максималном водостају његова површина износи 30 ha. Борско језеро хране водом Ваља Жони и Марецова река, а за побољшање водног биланса повремено се из

слива Злотске реке, специјално грађеним цевима, убацује извесна количина воде. Највећа дубина језера је 48 m, а провидност у летњем периоду 2–3 m. Температура површинског слоја језерске воде за време лета достиже 25–27 °C и омогућава купање. Ограничавајући фактор је повремено прекомерно бактериолошко загађење воде, нарочито у летњим месецима (Станковић, 2000). У приобаљу су изграђени туристички и угоститељски објекти, а језеро је више пута порибљавано.

Грлишко језеро је настало преграђивањем Грлишке реке, леве притоке Белог Тимока. Брана је изграђена на профилу „Ждрело“, 4,5 km узводно од ушћа Грлишке реке у Бели Тимок. Акумулација је формирана као вишенаменска: за водоснабдевање града Зајечара и околних сеоских насеља, задржавање наноса, трансформацију поплавног таласа Грлишке реке, рекреацију и др., а у експлоатацији је од 1990. године.



Слика 22 – Грлишко језеро

Од Зајечара је удаљено 16 km, а од села Грлишта 1,5 km. Укупна запремина Грлишког језера је 12 000 000 m³ воде, а површина 110 ha (Стефановић и сарадници, 2007). Највећу количину воде у језеро доносе Ласовачка и Ленувачка река, највеће притоке Грлишке реке. Захваљујући изградњи језера, Зајечар и

околна насеља су успешно решили проблем водоснабдевања становништва здравом пијаћом водом. Од 1991. године на језеру се спроводи редовна контрола квалитета воде.

Рготско језеро се налази код села Рготина, а настало је осамдесетих година XX века на месту вађења кварцног песка за потребе локалног рудника. Воду добија од падавина и подземних вода, а како му је дно песковито, вода у језеру је изузетно бистра и провидна. Површина језера је око 3 ha, а максимална дубина око 40 m. Иако је језеро порибљено, услови за опстанак рибе су лоши јер има мало природних плодишта. Због присуства кварцног песка вода се лако загрева, па је купање у току летњих месеци веома атрактивно.



Слика 23 – Рготско језеро

Глоговачко језеро, настало преграђивањем Воденичке реке 1964. године, је најстарије вештачко језеро у општини Зајечар. Налази се 26 km северно од Зајечара. Брана је висока 14 m и дугачка 60 m. Површина језера је око 10 000 m², а запремина воде је до 55 000 m³. Просечна дубина језера је 8 m, а највећа 12 m (Станковић, 2000). Основна намена Глоговачког језера је обезбеђивање воде за наводњавање пољопривредних површина у власништву Пољопривредног добра „Салаш“.

Квалитет воде у акумулацији редовно контролише Завод за заштиту здравља „Тимок“ из Зајечара. Задовољавајући квалитет воде има еколошки значај за производњу здраве хране, као и за рекреацију и спортски риболов. У циљу очувања доброг квалитета воде, на Воденичкој реци је изграђена ниска брана за заустављање наноса.

Совинац је акумулација настала преграђивањем потока Совинац 1988. године. Намењена је за наводњавање пољопривредних површина, а током лета се користи и за рекреацију и риболов. Пољопривредно добро „Салаш“ употребљава воду из акумулације за наводњавање око 1500 ha обрадивих површина.

Дужина језера је 1 150 m, највећа ширина 110 m, а највећа дубина је поред бране и износи 12,5 m. Запремина воде је до 330 000 m³ (Велојић, 1998). Обала је на целој дужини лако приступачна и дугачка је 3 km. Од Зајечара језеро је удаљено око 30 km и сматра се најуређенијим туристичко-рекреативним центром околине Зајечара и Салаша. На обали се налази мотел, уређени ауто-камп и терени за мале спортове и забаву деце. Језеро је порибљено, а у току лета погодно је за купање. У будућности је неопходно спречити еутрофикацију језерске воде и погоршање квалитета воде.



Слика 24 – Акумулација Соколовица

Соколовица је акумулација на Великом Тимоку. Налази се у Великој клисури и подигнута је ради остваривања енергетског пада неопходног за рад мале хидроелектране. Првобитна запремина јој је знатно смањена таложењем наноса.

За потребе рудника бакра, недалеко од села Кривељ, изграђена је акумулација на Кривељској реци. Ово флотацијско јаловиште је са затвореним системом коришћења површинских вода.

Ниска брана је изграђена и на Церовачкој реци, притоци Кривељске реке. Настала је за потребе обезбеђења воде рудника „Церово“ и спречава сливање воде са површинског копа у речне токове. Језеро има наглашену еколошку функцију.

6.6. Водни режим

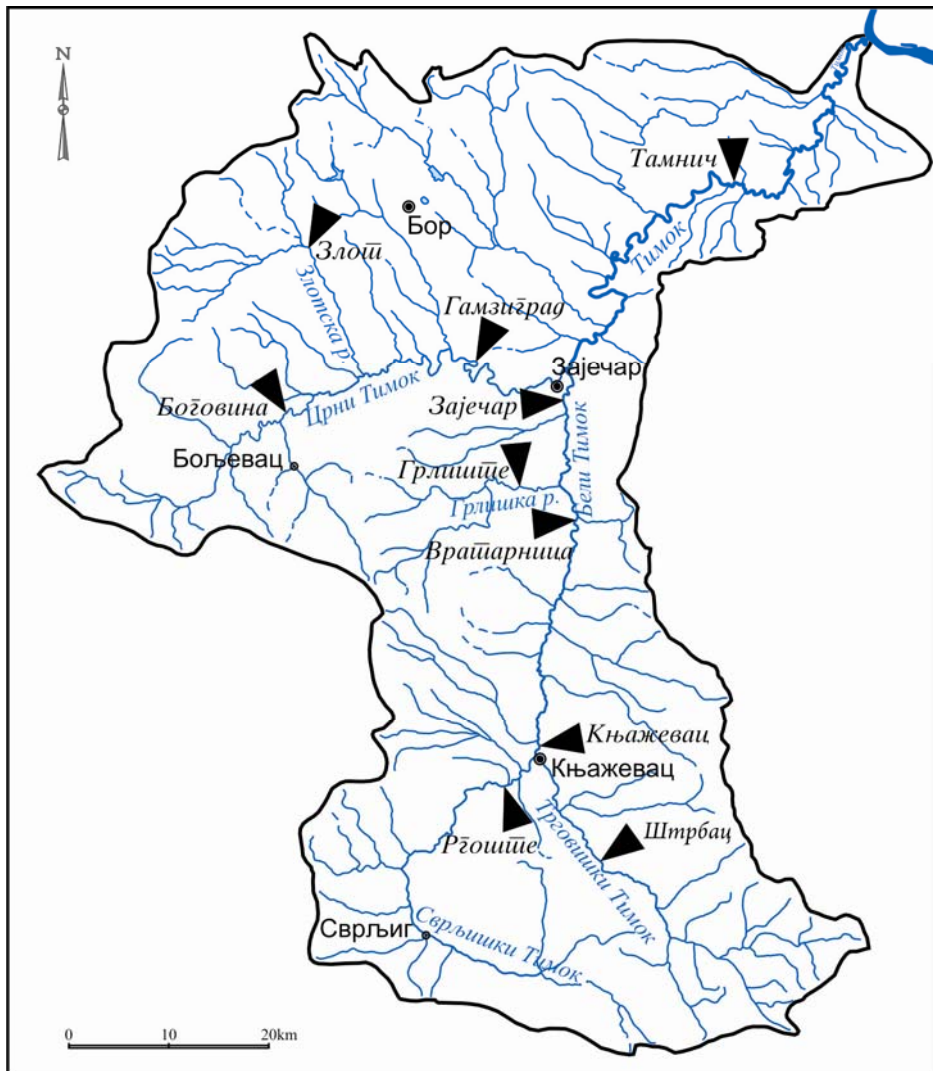
6.6.1. Изворна база података

Хидролошка осматрања и мерења у сливу Тимока започета су 1923. године. Тада су изграђене три хидролошке станице (на Белом Тимоку станице Зајечар и Књажевац и на Црном Тимоку станица Зајечар). Осматран је углавном водостај, а хидрометријских мерења практично није ни било. Подаци су били несигурни, са чешћим и дужим прекидима у раду, нарочито у току Другог светског рата.

Током периода 1961–2005. године у сливу је радило 18 хидролошких станица. Основан је већи број нових станица, али су неке, старе, због лоших услова рада укинуте. На њима су осим редовних осматрања водостаја помоћу водомерне летве или лимниграфом започета и друга хидрометријска мерења. Уведена су мерења суспендованог наноса и температуре воде.

У овом раду су обрађени подаци са 10 хидролошких станица (слика 25). На Сврљишком Тимоку то је станица Ргоште, на Трговишком Тимоку, Штрбац, на Белом Тимоку станице Књажевац, Вратарница и Зајечар. Грлишка река, лева притока Белог Тимока, обрађена је у профилу Грлиште. На њој није регистрован протицај и водостај за време изградње акумулације Грлиште. На Црном Тимоку обрађени су подаци са станица Боговина и Гамзиград, а на Злотској реци је обрађен профил Злот који је почео са радом 1973. године. Велики Тимок је обрађен у профилу Тамнич, који је престао са радом 1990. године. Од тада мерења

на Великом Тимоку су нередовна и непоуздана, а рађена су на профилу Брусник и Чокоњар.



Слика 25 – Положај хидролошких станица у сливу
чији су подаци анализирани у раду

За хидролошке станице Тамнич на Великом Тимоку и Гамзиград на Црном Тимоку треба напоменути да је природни режим протикаја поремећен услед дневног режима рада хидроелектрана које се налазе узводно од њих.

Детаљан преглед водомерних станица са основним техничко–топографским подацима у сливу дат је у табелама 24 и 25.

Табела 24 – Мрежа станица површинских вода у сливу Тимока
(активне хидролошке станице)

	Станица	Река	Почетак рада	Мерење протока од (год.):	Гео. координате		Удаљеност од ушћа (km)	F (km ²)	Кота „0“
					Ширина	Дужина			
1	Чокоњар	Тимок	2005	2006	44°00'42"	22°21'42"	68,00	3 945,0	97,05
2	Боговина	Црни Тимок	1956	1962	43°52'7"	21°57'3"	56,07	467,0	221,57
3	Гамзиград	Црни Тимок	1955	1948	43°55'5"	22°10'9"	20,40	1 213,0	152,20
4	Злот	Злотска	1973	1973	43°59'8"	22°00'2"	14,41	210,0	252,50
5	Књажевац	Бели Тимок	1923	1923	43°34'8"	22°16'0"	51,59	1 242,0	211,63
6	Вратарница	Бели Тимок	1952	1950	43°47'1"	22°18'7"	21,31	1 771,0	149,76
7	Зајечар	Бели Тимок	1923	1924	43°53'5"	22°18'0"	4,85	2 150,0	124,41
8	Ргоште	Сврљишки Тимок	1952	1953	43°32'7"	22°13'6"	6,89	618,0	225,96
9	Грлиште	Грлишка	1955	1961	43°48'7"	22°14'3"	5,10	191,0	158,96
10	Доња Каменица	Трговишки Тимок	1996	1996	43°29'19"	22°20'03"	14,05	360,0	270,17

Извор: Републички хидрометеоролошки завод Србије

Табела 25 – Мрежа станица површинских вода у сливу Тимока
(укинута хидролошке станице)

	Станица	Река	Година оснивања	Година завршетка рада	Мерење протока од(год.):	Гео. координате		Удаљеност од ушћа (km)	F (km ²)	Кота „0“
						Ширина	Дужина			
1	Тамнич	Тимок	1925	1990	1950	44°05'03"	22°30'09"	38,40	4 191	58,89
2	Брусник	Тимок	1980	2002	1980	44°05'00"	22°28'52"	42,00	4 155	61,68
3	Горња Каменица	Тговишки Тимок	1955	1981	1955	43°27'36"	22°23'48"	18,00	331	291,09
4	Штрбац	Тговишки Тимок	1980	1996	1980	43°30'13"	22°19'27"	13,00	372	258,53
5	Зајечар	Црни Тимок	1923	1977	1950	43°55'0"	22°16'12"	2,20	1 242	119,98

Извор: Републички хидрометеоролошки завод Србије

Усвојен период у овом раду је 1961–2005. година, односно 45 година за оне станице које су имале непрекидно осматрање. За станице које су основане после 1961. године или укинута пре 2005. године вршена је редукција средњих месечних протицаја корелацијом и свођењем просечних вишегодишњих вредности на исти период осматрања између најближих хидролошких станица у сливу. Резултати добијени на овај начин могу се сматрати приближно тачним.

Период осматрања протицаја на већини водомерних станица се поклапа са периодом климатских осматрања, тако да је могућа њихова упоредна анализа.

6.6.2. Протицај

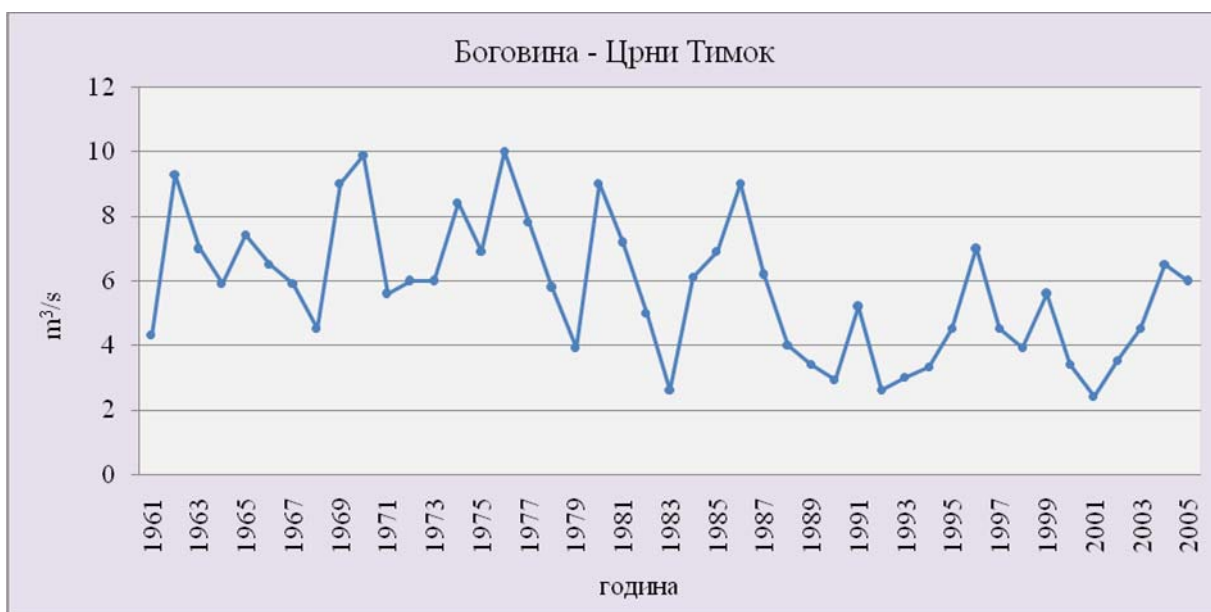
Подаци о протицају анализирани су у виду просечних месечних и годишњих вредности, а велике и мале воде су обрађене и у виду вероватноћа, применом статистичких метода и одговарајућих расподела. На основу података о екстремним протицајима урађена је прогноза обезбеђења воде у рекама. За прогнозу обезбеђења реке водом коришћен је метод серија, погодан за одређивање вероватноће појављивања одређеног хидролошког елемента (Гавриловић, 1988). За израду криве честине максималних великих и малих вода коришћена је Пирсонова функција III типа. Анализа вероватноће појављивања великих и малих вода урађена је за оне хидролошке станице на којима природни режим протицаја није поремећен услед дневног режима рада хидроцентрала и за које постоји довољно дуги низ података о минималним и максималним вредностима протицаја. Карактеристике режима приказане су и коментарисане у виду табеларних и графичких прилога. У табели 26 приказана је промена протицаја у току године на хидролошким станицама у сливу Тимока.

Табела 26 – Просечни месечни и годишњи протицаји воде у m^3/s (1961–2005. година)

Водомерна станица/ период	Река	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Qsr (m^3/s)
Тамнич/ 1961–2005.	В.Тимок	18,56	36,93	57,24	57,85	34,78	20,46	8,67	4,82	4,76	7,82	13,26	17,63	23,56
Боговина/ 1961–2005.	Ц.Тимок	5,18	8,92	14,14	14,95	7,83	4,12	2,02	1,04	1,00	1,71	2,99	4,94	5,74
Гамзиград/ 1961–2005.	Ц.Тимок	9,20	14,58	24,85	26,1	13,65	7,55	3,60	1,91	2,04	3,49	5,57	8,64	10,05
Књажевац/ 1961–2005.	Б.Тимок	7,58	12,59	16,23	16,55	12,24	7,52	3,39	2,21	2,33	2,9	3,94	6,55	7,99
Вратарница/ 1961–2005.	Б.Тимок	9,53	15,96	20,52	20,69	14,27	9,13	4,28	2,56	2,54	3,39	4,81	7,86	9,63
Зајечар/ 1961–2005.	Б.Тимок	11,25	18,82	25,03	24,80	7,43	10,17	4,83	2,90	3,07	4,12	5,85	9,25	11,46
Грлиште/ 1961–1984.	Грлишка	1,07	2,77	4,56	3,40	2,57	1,20	0,46	0,21	0,27	0,84	0,79	0,94	1,58
Грлиште/ 1961–2005.	Грлишка	0,81	0,94	1,23	1,94	0,61	0,35	0,11	0,11	0,08	0,12	0,31	0,72	0,61
Ргоште/ 1961–2005.	С.Тимок	3,95	5,58	7,21	5,94	4,60	2,83	1,50	0,82	0,83	1,21	1,45	2,75	3,20
Штрбац/ 1961–2005.	Т.Тимок	4,32	7,65	9,40	9,42	3,89	4,39	1,99	1,17	1,14	1,64	2,93	3,98	4,33
Злот/ 1961–2005.	Злотска	2,34	4,05	7,28	9,02	3,96	2,38	0,95	0,49	0,55	1,06	1,72	2,40	3,02

За две хидролошке станице на **Црном Тимоку** (Боговина и Гамзиград), на основу података за протицај може се констатовати следеће:

Средњегодишњи протицај на станици Боговина је $5,74 \text{ m}^3/\text{s}$, а на станици Гамзиград $10,05 \text{ m}^3/\text{s}$. Минимални средњегодишњи протицај Црног Тимока у Боговини је $2,40 \text{ m}^3/\text{s}$ (2001. године), а максимални $10,00 \text{ m}^3/\text{s}$ (1976. године) (слика 26). Минимални средњегодишњи протицај у Гамзиграду забележен је 1993. године од $3,8 \text{ m}^3/\text{s}$, а максимални 1976. године од $18,8 \text{ m}^3/\text{s}$ (слика 27).

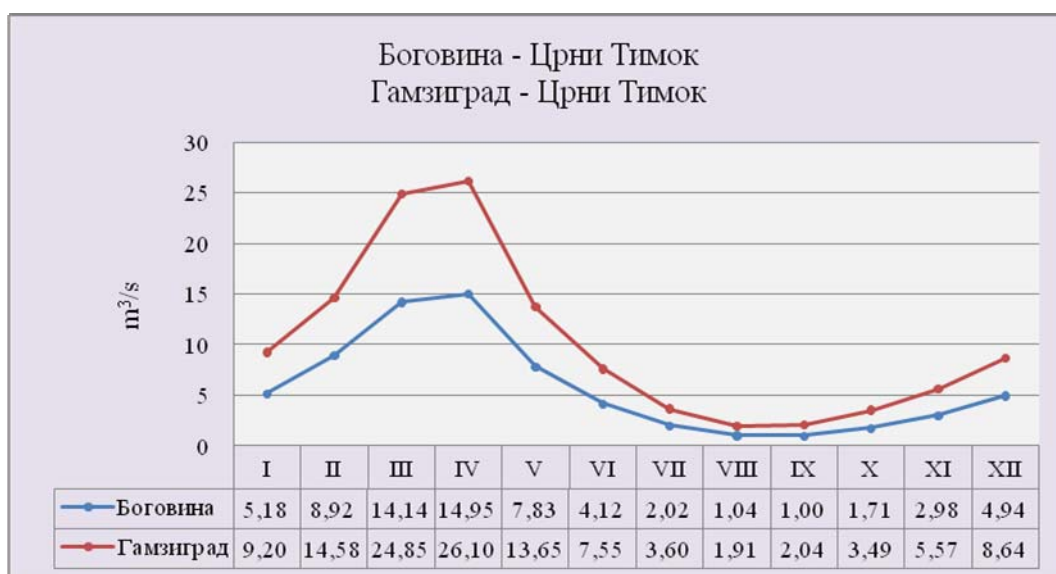


Слика 26 – Хидрограм средњегодишњих протицаја Црног Тимока код Боговине за период 1961–2005. година



Слика 27 – Хидрограм средњегодишњих протицаја Црног Тимока код Гамзиграда за период 1961–2005. година

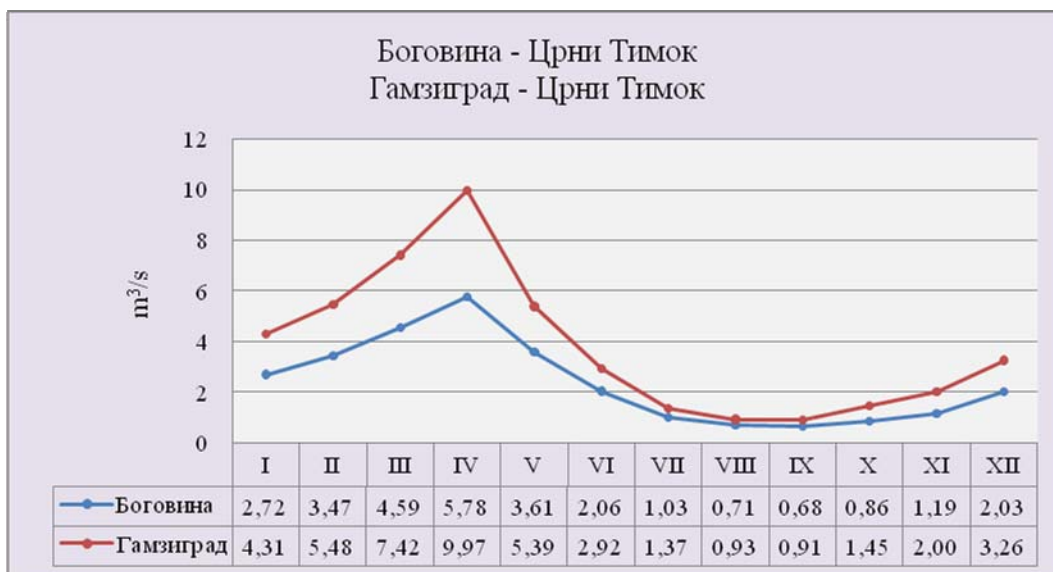
На годишњи ток протицаја ове реке значајан утицај има геолошки састав слива. Велике површине заузимају скрашћени масиви Кучаја и Ртња. У кречњаку вода брзо понире и доспева у речна корита, због чега су протицаји велики у марту и априлу у време интензивног топљења снега и пролећних киша, док у наредним месецима следи нагло опадање протицаја. У току летњих и јесењих месеци најмања количина падавина у сливу Црног Тимока је у периоду од августа до октобра, што условљава да се најмањи протицаји јављају у августу (Гамзиград) и септембру (Боговина). Амплитуде протицаја показују да је максимални средњемесечни протицај већи од минималног 14,9 пута у Боговини и 13,7 пута у Гамзиграду, што су веће вредности него у сливу Белог Тимока.



Слика 28 – Хидрограм средњемесечних протицаја Црног Тимока код Боговине и Гамзиграда за период 1961–2005. година

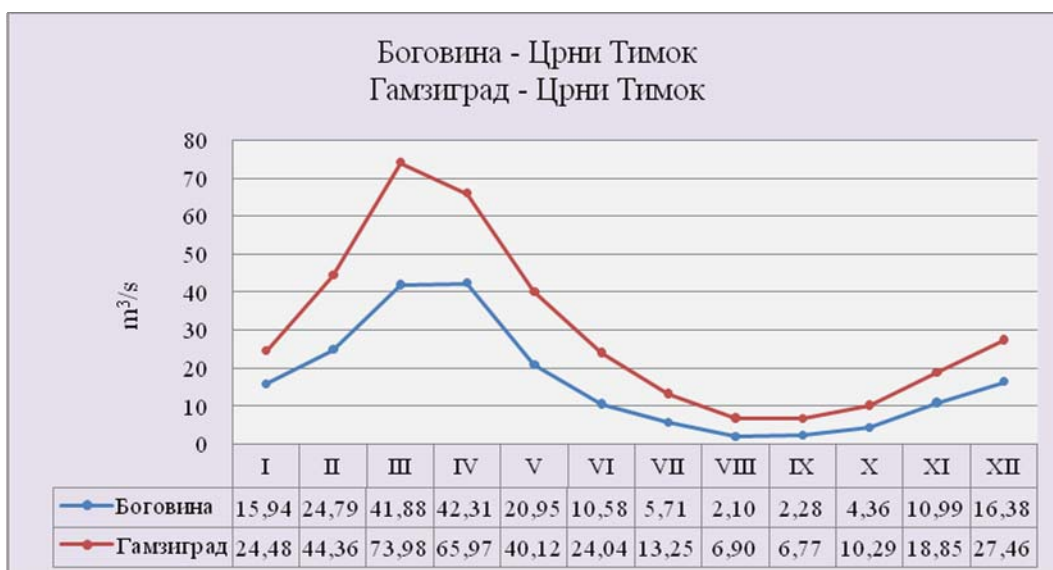
Режим малих вода карактеришу највеће средњемесечне вредности у априлу, у Боговини $5,78 \text{ m}^3/\text{s}$ и у Гамзиграду $9,97 \text{ m}^3/\text{s}$, а најмање у септембру од $0,68 \text{ m}^3/\text{s}$ у Боговини и $0,91 \text{ m}^3/\text{s}$ у Гамзиграду.

Апсолутно минимални протицај Црног Тимока на обе станице забележен је исте године, и то у Боговини 22.VIII 2003. године од $0,11 \text{ m}^3/\text{s}$, а десет дана касније, 1. IX 2003. године, у Гамзиграду од $0,05 \text{ m}^3/\text{s}$.



Слика 29 – Хидрограм средњемесечних малих вода Црног Тимока код Боговине и Гамзиграда за период 1961–2005. година

При средњим великим водама овлаженим профилем Црног Тимока код Боговине сваке секунде протиче $16,52 \text{ m}^3$ воде, а код Гамзиграда $29,71 \text{ m}^3$. Највеће средњемесечне вредности великих вода јављају се у марту и априлу, а најмање у августу и септембру (слика 30).



Слика 30 – Хидрограм средњемесечних великих вода Црног Тимока код Гамзиграда и Боговине за период 1961–2005. година

Апсолутно максимални протицај у анализираном периоду измерен је у Боговини 25. III 1986. године и износио је $118 \text{ m}^3/\text{s}$, а у Гамзиграду са једним даном закашњења, 26. III 1986. године, од $368 \text{ m}^3/\text{s}$.

Према претходним подацима амплитуде екстремних вредности су у Боговини $117,89 \text{ m}^3/\text{s}$ и у Гамзиграду $367,95 \text{ m}^3/\text{s}$. Однос између максималних и минималних протицаја показују да Црни Тимок, као и Велики Тимок, има бујичне одлике.

Да би се конструисала крива вероватноће појаве великих вода Црног Тимока код Боговине и Гамзиграда било је потребно одредити следеће величине: просечни максимални протицај ($Q_{sr.max}$), модулни коефицијент (k), коефицијент варијације (C_v), коефицијент асиметрије (C_s).

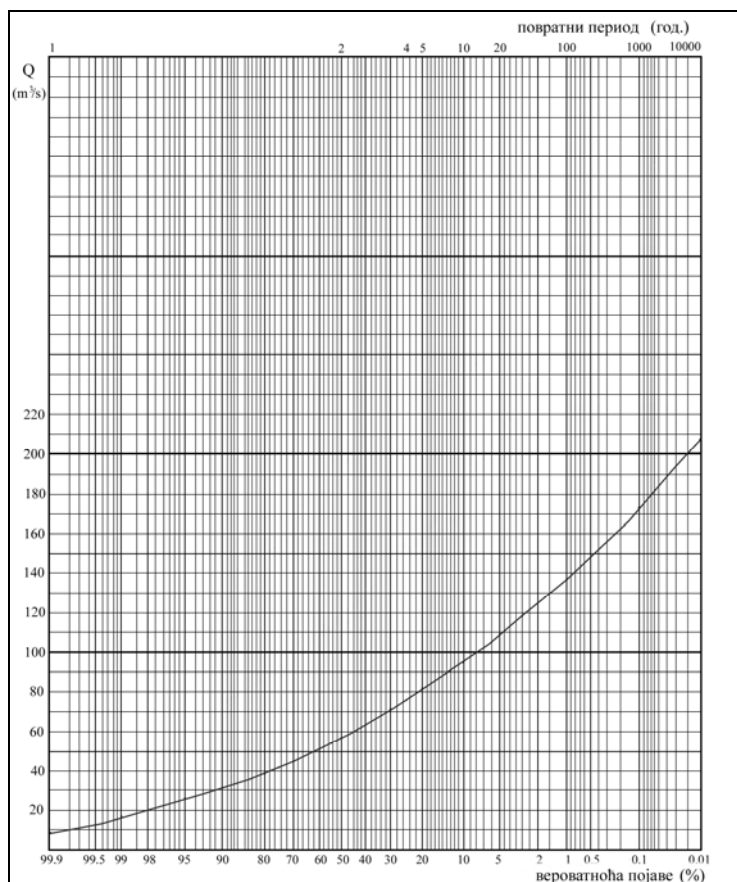
Код Боговине: $Q_{sr.max.} = 61,07 \text{ m}^3/\text{s}$; $C_v = 0,427$; $C_s = 0,854$;

Код Гамзиграда: $Q_{sr.max.} = 109,46 \text{ m}^3/\text{s}$; $C_v = 0,634$; $C_s = 1,268$;

На основу израчунатих параметара приступило се израчунавању података за израду саме криве.

Табела 27 – Параметри за израчунавање криве обезбеђења максималних годишњих протицаја и израчунати вероватни максимални протицај Црног Тимока код Боговине

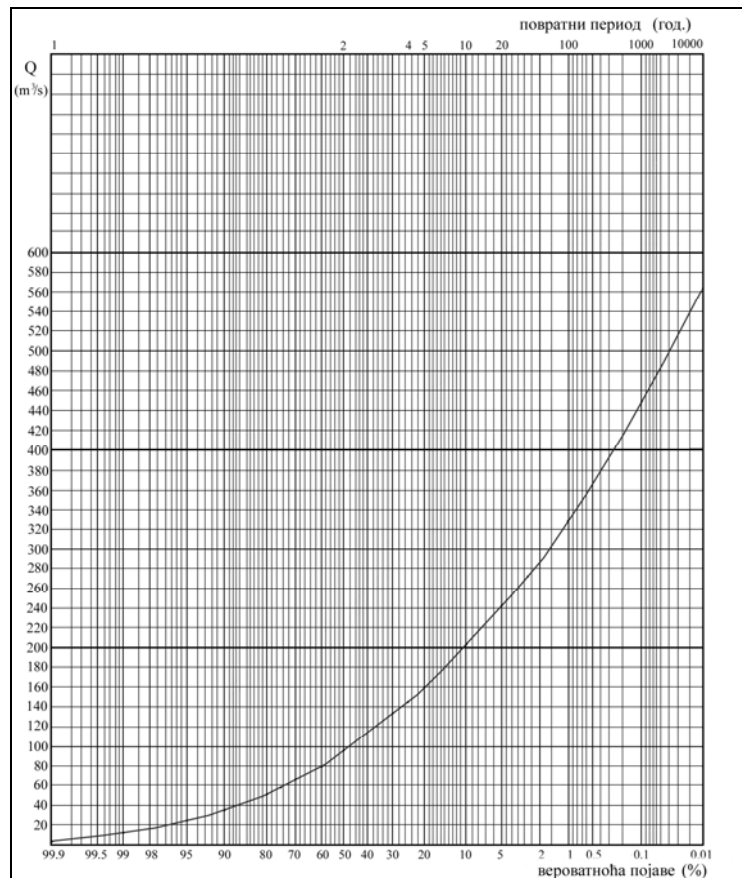
Вероватноћа у %	Вероватноћа у год.	\bar{Q}	$\bar{Q} \cdot C_v$	$K_s = \bar{Q} \cdot C_v + 1$	Q_{max}
0,01	10000	5,62	2,400	3,400	207,63
0,1	1000	4,31	1,840	2,840	173,46
1	100	2,92	1,247	2,247	137,22
3	33,3	2,2	0,939	1,939	118,44
5	20	1,85	0,790	1,790	109,31
10	10	1,31	0,559	1,559	95,23
20	5	0,78	0,333	1,333	81,41
25	4	0,58	0,248	1,248	76,20
30	3,5	0,4	0,171	1,171	71,50
50	2	-0,14	-0,060	0,940	57,42
60	1,6	-0,38	-0,162	0,838	51,16
70	1,42	-0,6	-0,256	0,744	45,42
75	1,33	-0,73	-0,312	0,688	42,03
80	1,25	-0,86	-0,367	0,633	38,64
90	1,11	-1,16	-0,495	0,505	30,82
95	1,05	-1,35	-0,576	0,424	25,87
99	1,01	-1,7	-0,726	0,274	16,74
99,9	1	-1,96	-0,837	0,163	9,96



Слика 31 – Крива вероватноће појаве великих вода реке Црни Тимок (Боговина)

Табела 28 – Параметри за израчунавање криве обезбеђења максималних годишњих протицаја и израчунати вероватни максимални протицај Црног Тимока код Гамзиграда

Вероватноћа у %	Вероватноћа у год.	\emptyset	$\emptyset \cdot Cv$	$Ks = \emptyset \cdot Cv + 1$	Q_{max}
0,01	10000	6,52	4,134	5,134	561,93
0,1	1000	4,88	3,094	4,094	448,12
1	100	3,18	2,016	3,016	330,14
3	33,3	2,32	1,471	2,471	270,46
5	20	1,92	1,217	2,217	242,70
10	10	1,34	0,850	1,850	202,45
20	5	0,72	0,456	1,456	159,43
25	4	0,52	0,330	1,330	145,55
30	3,5	0,34	0,216	1,216	133,06
50	2	-0,2	-0,127	0,873	95,58
60	1,6	-0,42	-0,266	0,734	80,31
70	1,42	-0,63	-0,399	0,601	65,74
75	1,33	-0,74	-0,469	0,531	58,11
80	1,25	-0,84	-0,533	0,467	51,17
90	1,11	-1,07	-0,678	0,322	35,20
95	1,05	-1,22	-0,773	0,227	24,79
99	1,01	-1,42	-0,900	0,100	10,92
99,9	1	-1,53	-0,970	0,030	3,28



Слика 32 – Крива вероватноће појаве великих вода реке Црни Тимок (Гамзиград)

На основу криве вероватноће појављивања максималних протицаја на Црном Тимоку код Боговине (слика 31) закључује се да се сваке године може очекивати максимални протицај са вероватноћом 99,9% од $9,96 \text{ m}^3/\text{s}$, а једном у 100 година од $137,22 \text{ m}^3/\text{s}$. Апсолутно максимални протицај који је у Боговини регистрован 25. III 1986. године од $118 \text{ m}^3/\text{s}$ по овој вероватноћи јавља се једном у 33 године. Код Гамзиграда, сваке године се може очекивати протицај од $3,28 \text{ m}^3/\text{s}$, а једном у 100 година протицај од $330,14 \text{ m}^3/\text{s}$ (слика 32).

Вредности вероватних минималних протицаја Црног Тимока код Боговине и Гамзиграда анализирани су истом методом. Параметри за израчунавање свих коефицијената приказани су у табели 29 и 30.

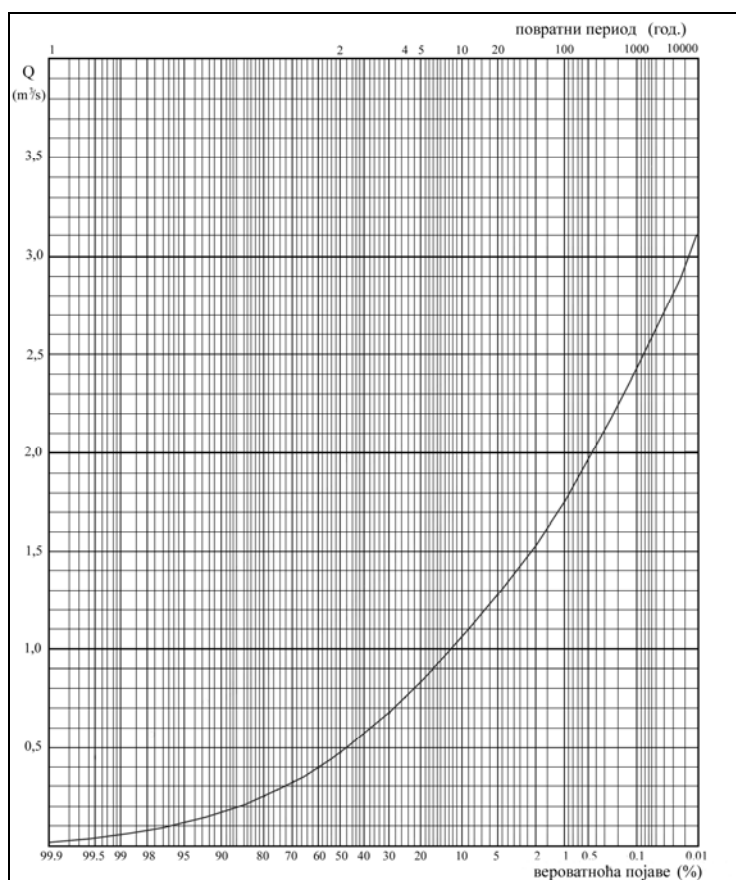
Код Боговине: $Q_{sr.min.} = 0,59 \text{ m}^3/\text{s}$; $C_v = 0,67$; $C_s = 1,34$;

Код Гамзиграда: $Q_{sr.min.} = 0,68 \text{ m}^3/\text{s}$; $C_v = 0,68$; $C_s = 1,36$;

Након добијања ових коефицијената израчунате су вероватне мале воде са различитим периодом појављивања, односно са различитом вероватноћом. Подаци из табеле 29 и 30 показују да се на Црном Тимоку код Боговине и Гамзиграда могу очекивати увек мале воде изнад $0,02 \text{ m}^3/\text{s}$ (вредност која одговара вероватноћи појављивања од 99,9%). На основу добијених резултата конструисане су криве вероватноће појављивања малих вода (слике 33 и 34).

Табела 29 – Параметри за израчунавање криве обезбеђења минималних годишњих протицаја и израчунати вероватни минимални протицај Црног Тимока код Боговине

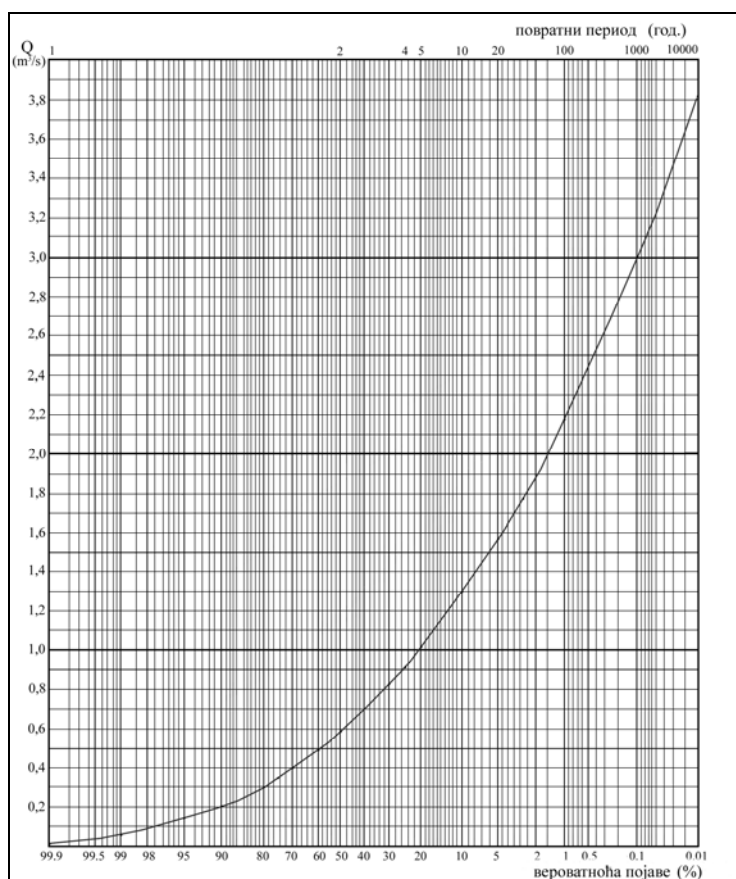
Вероватноћа у %	Вероватноћа у год.	\emptyset	$\emptyset \cdot C_v$	$K_s = \emptyset \cdot C_v + 1$	Q min
0,01	10000	6,76	4,529	5,529	3,10
0,1	1000	5,02	3,363	4,363	2,44
1	100	3,24	2,171	3,171	1,78
3	33,3	2,36	1,581	2,581	1,45
5	20	1,93	1,293	2,293	1,28
10	10	1,34	0,898	1,898	1,06
20	5	0,72	0,482	1,482	0,83
25	4	0,5	0,335	1,335	0,75
30	3,5	0,32	0,214	1,214	0,68
50	2	-0,22	-0,147	0,853	0,48
60	1,6	-0,44	-0,295	0,705	0,39
70	1,42	-0,64	-0,429	0,571	0,32
75	1,33	-0,74	-0,496	0,504	0,28
80	1,25	-0,84	-0,563	0,437	0,24
90	1,11	-1,05	-0,704	0,297	0,17
95	1,05	-1,18	-0,791	0,209	0,12
99	1,01	-1,35	-0,905	0,095	0,05
99,9	1	-1,44	-0,965	0,035	0,02



Слика 33 – Крива вероватноће појаве малих вода Црног Тимока (Боговина)

Табела 30 – Параметри за израчунавање криве обезбеђења минималних годишњих протицаја и израчунати вероватни минимални протицај Црног Тимока код Гамзиграда

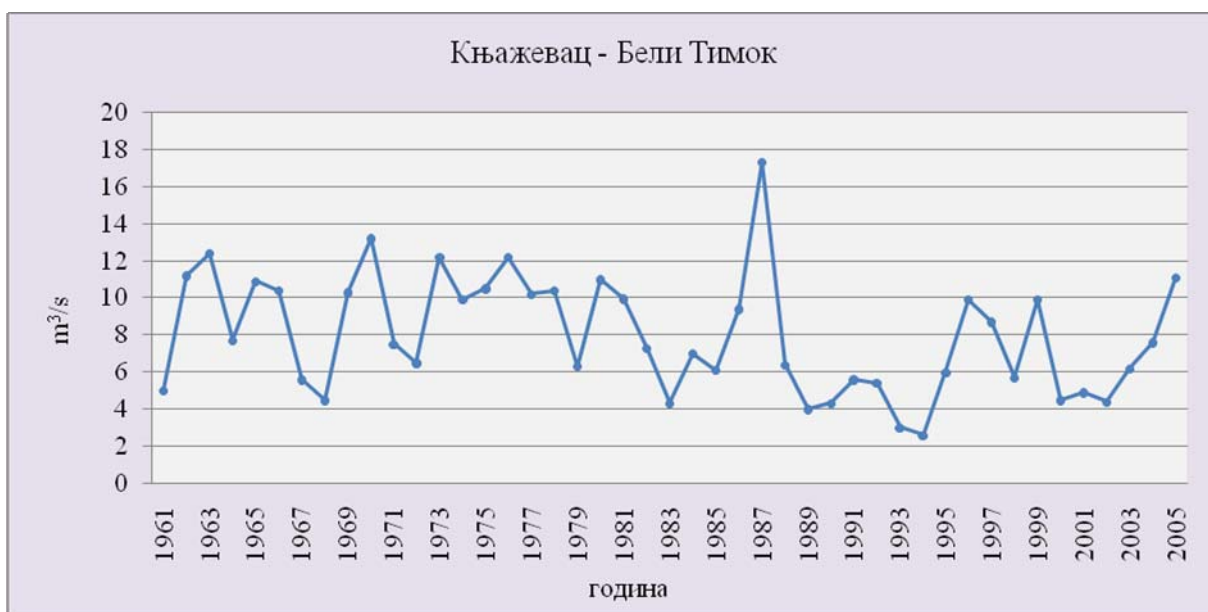
Вероватноћа у %	Вероватноћа у год.	\emptyset	$\emptyset \cdot C_v$	$K_s = \emptyset \cdot C_v + 1$	Q min
0,01	10000	6,76	4,590	5,590	3,81
0,1	1000	5,02	3,409	4,409	3,00
1	100	3,24	2,200	3,200	2,18
3	33,3	2,36	1,602	2,602	1,77
5	20	1,93	1,310	2,310	1,57
10	10	1,34	0,910	1,910	1,30
20	5	0,72	0,489	1,489	1,01
25	4	0,5	0,340	1,340	0,91
30	3,5	0,32	0,217	1,217	0,83
50	2	-0,22	-0,149	0,851	0,58
60	1,6	-0,44	-0,299	0,701	0,48
70	1,42	-0,64	-0,435	0,565	0,39
75	1,33	-0,74	-0,502	0,498	0,34
80	1,25	-0,84	-0,570	0,430	0,29
90	1,11	-1,05	-0,713	0,287	0,20
95	1,05	-1,18	-0,801	0,199	0,14
99	1,01	-1,35	-0,917	0,083	0,06
99,9	1	-1,44	-0,978	0,022	0,02



Слика 34 – Крива вероватноће појаве малих вода Црног Тимока (Гамзиград)

Режим протицаја **Белог Тимока** је у директној зависности од режима протицаја његових саставница, Трговишког и Сврљишког Тимока. На основу података за протицај са три хидролошке станице на Белом Тимоку (Књажевац, Вратарница и Зајечар) може се констатовати следеће:

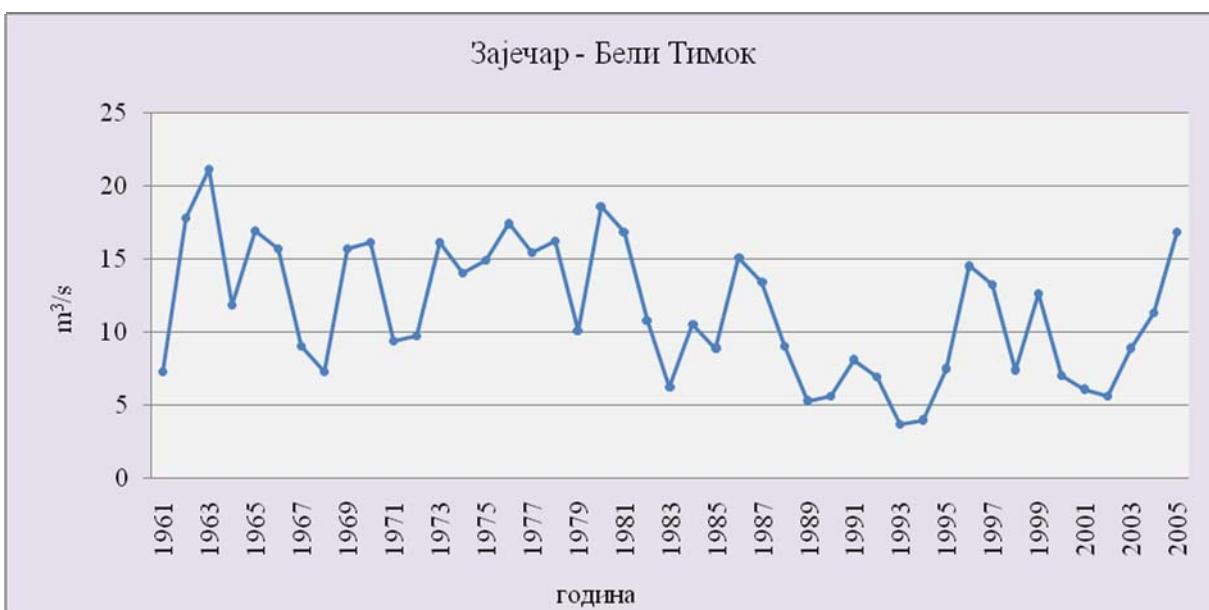
У анализираном периоду 1961–2005. година, средњегодишњи протицај на станици Књажевац износи $7,99 \text{ m}^3/\text{s}$, на станици Вратарница $9,63 \text{ m}^3/\text{s}$ и на станици Зајечар $11,46 \text{ m}^3/\text{s}$. На сликама 35, 36 и 37 приказан је хидрограм средњегодишњих протицаја Белог Тимока на наведеним станицама. Минимални средњегодишњи протицај Белог Тимока у Књажевцу је $2,60 \text{ m}^3/\text{s}$ (1994. године), а максимални $17,30 \text{ m}^3/\text{s}$ (1987. године). На станици Вратарница минимални средњегодишњи протицај од $2,90 \text{ m}^3/\text{s}$ забележен је 1994. године, а максимални средњегодишњи протицај од $17,80 \text{ m}^3/\text{s}$ измерен је 1963. године. Минимални средњегодишњи протицај Белог Тимока у Зајечару износи $3,7 \text{ m}^3/\text{s}$ (1993. године), а максимални средњегодишњи протицај $21,10 \text{ m}^3/\text{s}$ (1963. године). Максимални средњегодишњи протицај на две станице, Вратарници и Зајечару, забележен је 1963. године када су максимални средњегодишњи протицаји регистровани и на Сврљишком Тимоку. Веће поплаве биле су фебруара 1963. године, када су регистровани апсолутни максимални протицаји код Ргошта и Књажевца.



Слика 35 – Хидрограм средњегодишњих протицаја Белог Тимока код Књажевца за период 1961–2005. година



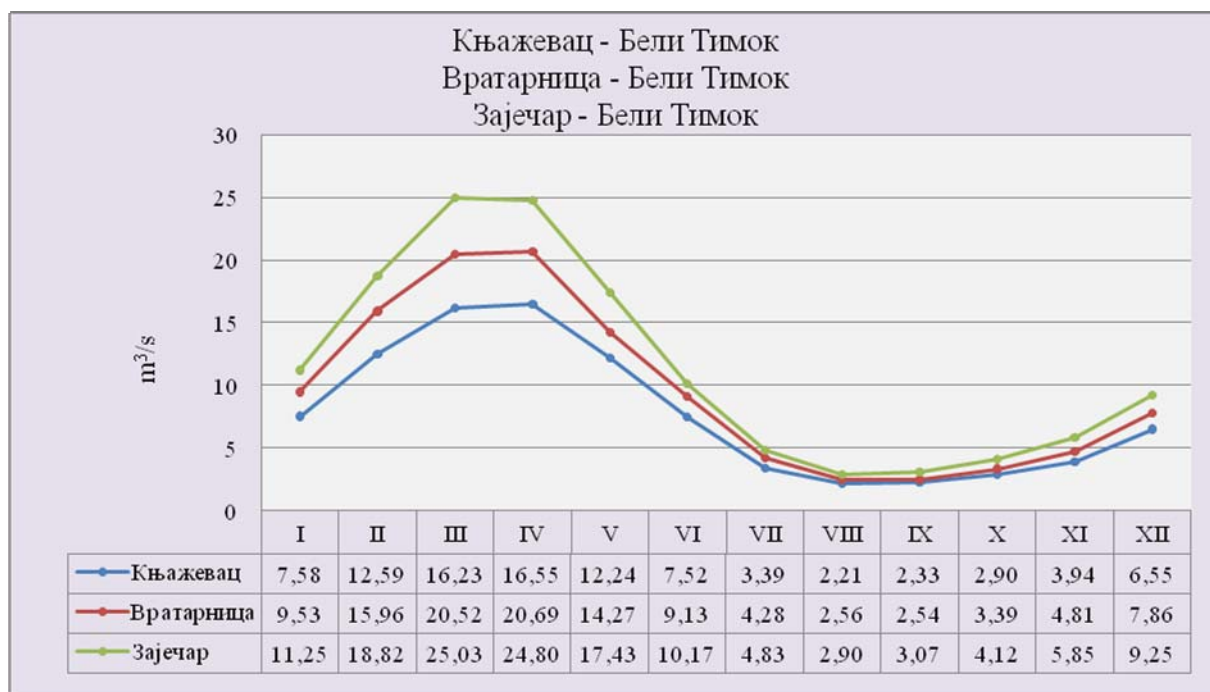
Слика 36 – Хидрограм средњегодишњих протицаја Белог Тимока код Вратарнице за период 1961–2005. година



Слика 37 – Хидрограм средњегодишњих протицаја Белог Тимока код Зајечара за период 1961–2005. година

Величина протицаја на Белом Тимоку у зависности је од расподеле падавина, времена отапања снега и испаравања. Најмање воде има у летњим месецима, иако је минимум падавина у октобру. Томе доприноси велико испаравање. Минимални средњемесечни протицај у Књажевцу и Зајечару је у

августу, када и Сврљишки и Трговишки Тимок имају минималне протицаје, и износи $2,21 \text{ m}^3/\text{s}$, односно $2,90 \text{ m}^3/\text{s}$. Код Вратарнице минимални средњемесечни протицај је у септембру и износи $2,54 \text{ m}^3/\text{s}$. На свим станицама максимални средњемесечни протицај се јавља у марту и априлу, у исто време када и обе саставнице имају највеће протицаје, што је последица отапања снега и пролећних падавина. Код Књажевца и Вратарнице протицај у априлу је $16,55 \text{ m}^3/\text{s}$, односно $20,69 \text{ m}^3/\text{s}$, а у марту код Зајечара протицај износи $25,03 \text{ m}^3/\text{s}$ (слика 38). Амплитуде протицаја показују да је максимални средњемесечни протицај већи од минималног 7,4 пута у Књажевцу, 8,1 пута у Вратарници и 8,6 пута у Зајечару.

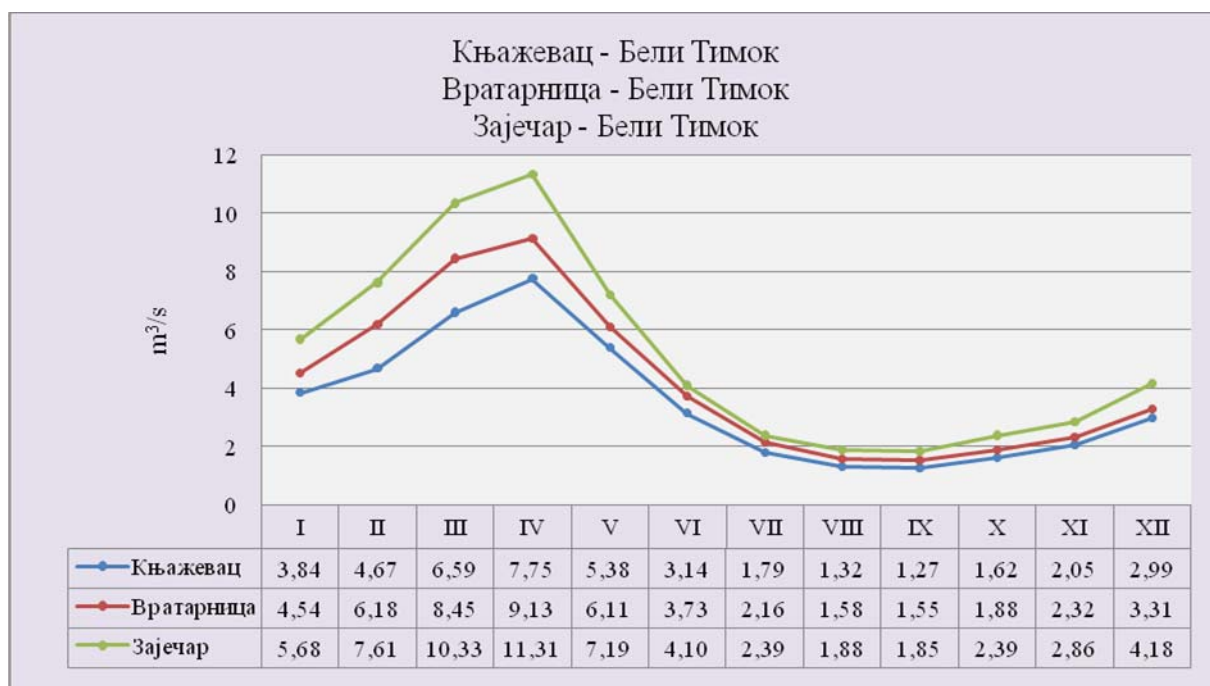


Слика 38 – Хидрограм средњемесечних протицаја Белог Тимока код Књажевца, Вратарнице и Зајечара за период 1961–2005. година

Режим малих вода карактеришу највеће средњемесечне вредности у априлу, и то у Књажевцу $7,75 \text{ m}^3/\text{s}$, у Вратарници $9,13 \text{ m}^3/\text{s}$ и у Зајечару $11,31 \text{ m}^3/\text{s}$. Најмање средњемесечне вредности протицаја на свим станицама су у септембру, код Књажевца $1,27 \text{ m}^3/\text{s}$, код Вратарнице $1,55 \text{ m}^3/\text{s}$ и код Зајечара $1,85 \text{ m}^3/\text{s}$.

Апсолутно минимални протицај Белог Тимока у Књажевцу забележен је 27.VIII 1993. године од $0,17 \text{ m}^3/\text{s}$, код Вратарнице 15. IX 1994. године од $0,30 \text{ m}^3/\text{s}$, а у Зајечару 12. VIII 1972. године од $0,61 \text{ m}^3/\text{s}$.

Подаци за минималне годишње протицаје показују далеко мање међусобне сличности него што је то случај код максималних годишњих протицаја. Минимални годишњи протицај измерен је истог датума у Књажевцу, Вратарници и Зајечару у свега једном наврату, 12. VIII 1996. године. У марту, априлу, мају и јуну ни у једном случају нису забележени минимални годишњи протицаји.

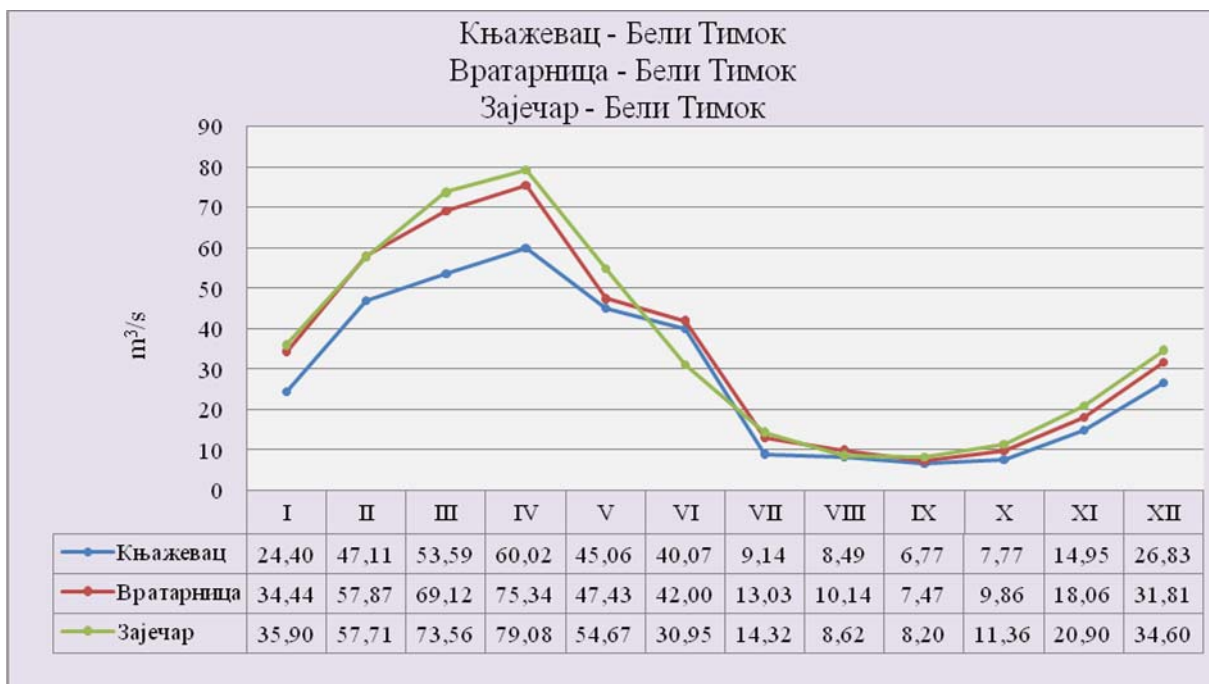


Слика 39 – Хидрограм средњемесечних малих вода Белог Тимока код Књажевца, Вратарнице и Зајечара за период 1961–2005. година

Просечна вредност средњегодишње велике воде на Белом Тимоку код Књажевца износи $28,68 \text{ m}^3/\text{s}$, код Вратарнице $34,71 \text{ m}^3/\text{s}$, а код Зајечара $35,82 \text{ m}^3/\text{s}$. Највеће средњемесечне вредности великих вода јављају се у априлу, а најмање у септембру (слика 40). Пролећне велике воде настају услед отапања снега који се у току зиме нагомилао у знатним количинама, нарочито у планинском делу слива. Апсолутно максимални протицај у Књажевцу био је 18. II 1963. године $330 \text{ m}^3/\text{s}$, код Вратарнице 27. IV 1964. године од $374 \text{ m}^3/\text{s}$, а у Зајечару, у периоду 1965–2005. година, 1. IV 1987. године од $229 \text{ m}^3/\text{s}$.

По расположивим подацима, максимални годишњи протицаји на Белом Тимоку најчешће се јављају у априлу (24% случајева) и у марту (20% случајева), а потом у мају, фебруару и јуну. У јулу, септембру и новембру максимални

годишњи протицаји нису ни једном забележени. У 15 наврата максимални годишњи протицај измерен је истог датума у Књажевцу, Вратарници и Зајечару, у фебруару, марту, априлу, мају и јуну, док је у Вратарници и Зајечару у 7 наврата максимални годишњи протицај забележен са даном закашњења у односу на максималне вредности протицаја у Књажевцу.



Слика 40 – Хидрограм средњемесечних великих вода Белог Тимока код Књажевца, Вратарнице и Зајечара за период 1961–2005. година

Амплитуда екстремних вредности у Књажевцу износи $329,83 \text{ m}^3/\text{s}$, у Вратарници $373,70 \text{ m}^3/\text{s}$, а у Зајечару, у периоду 1965–2005. година, $228,39 \text{ m}^3/\text{s}$.

Вероватноћа појављивања максималних великих вода, као у случају Црног Тимока, одређена је методом серија.

Одређени су просечни максимални протицај ($Q_{sr,max}$), модулни коефицијент (k), коефицијент варијације (C_v), коефицијент асиметрије (C_s) Белог Тимока код Књажевца, Вратарнице и Зајечара.

Код Књажевца: $Q_{sr,max} = 122,95 \text{ m}^3/\text{s}$; $C_v = 0,643$; $C_s = 1,286$;

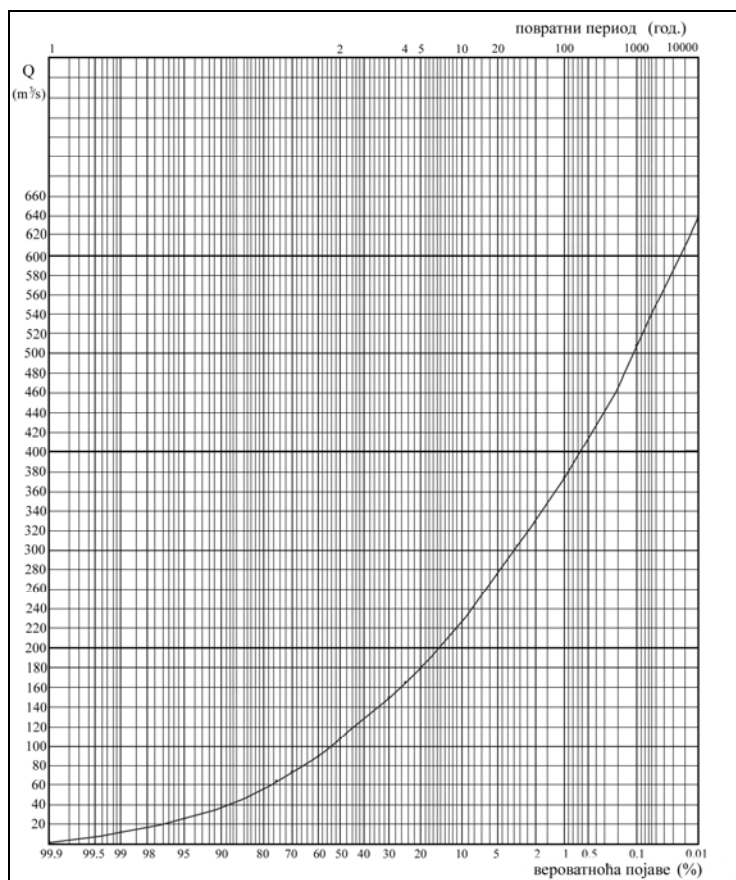
Код Вратарнице: $Q_{sr,max} = 135,13 \text{ m}^3/\text{s}$; $C_v = 0,589$; $C_s = 1,178$;

Код Зајечара: $Q_{sr,max} = 129,47 \text{ m}^3/\text{s}$; $C_v = 0,459$; $C_s = 0,918$;

На основу израчунатих параметара приступило се израчунавању података за израду саме криве.

Табела 31 – Параметри за израчунавање криве обезбеђења максималних годишњих протицаја и израчунати вероватни максимални протицај Белог Тимока код Књажеваца

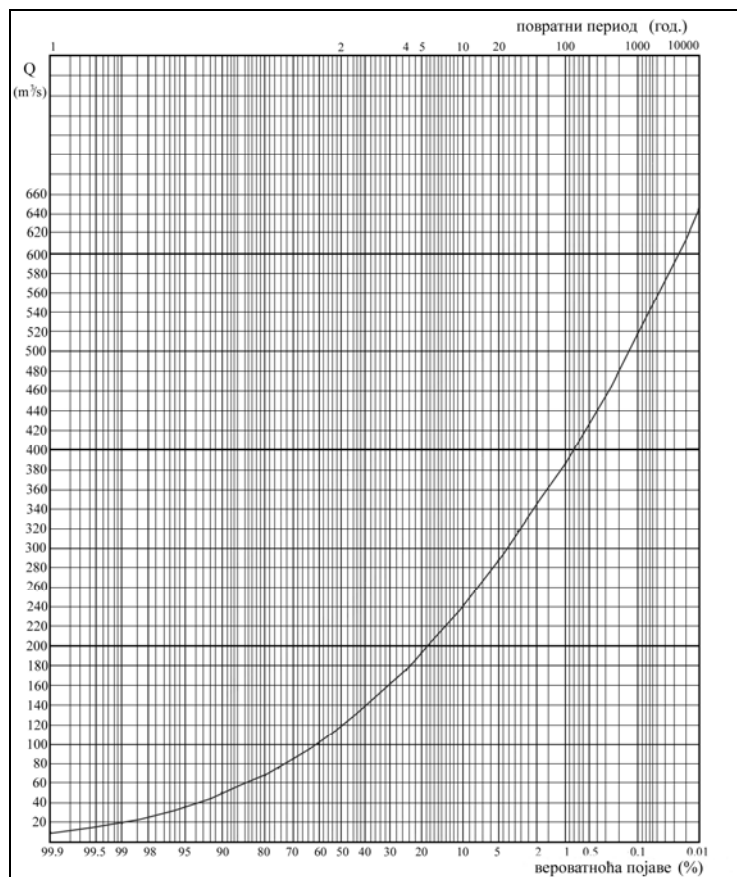
Вероватноћа у %	Вероватноћа у год.	\bar{Q}	$\bar{Q} \cdot C_v$	$K_s = \bar{Q} \cdot C_v + 1$	Q_{max}
0,01	10000	6,52	4,192	5,192	638,40
0,1	1000	4,88	3,138	4,138	508,75
1	100	3,18	2,045	3,045	374,35
3	33,3	2,32	1,492	2,492	306,36
5	20	1,92	1,235	2,235	274,74
10	10	1,34	0,862	1,862	228,89
20	5	0,72	0,463	1,463	179,87
25	4	0,52	0,334	1,334	164,06
30	3,5	0,34	0,219	1,219	149,83
50	2	-0,2	-0,129	0,871	107,14
60	1,6	-0,42	-0,270	0,730	89,75
70	1,42	-0,63	-0,405	0,595	73,14
75	1,33	-0,74	-0,476	0,524	64,45
80	1,25	-0,84	-0,540	0,460	56,54
90	1,11	-1,07	-0,688	0,312	38,36
95	1,05	-1,22	-0,784	0,216	26,50
99	1,01	-1,42	-0,913	0,087	10,69
99,9	1	-1,53	-0,984	0,016	1,99



Слика 41 – Крива вероватноће појаве великих вода реке Белог Тимока (Књажевац)

Табела 32 – Параметри за израчунавање криве обезбеђења максималних годишњих протицаја и израчунати вероватни максимални протицај Белог Тимока код Вратарнице

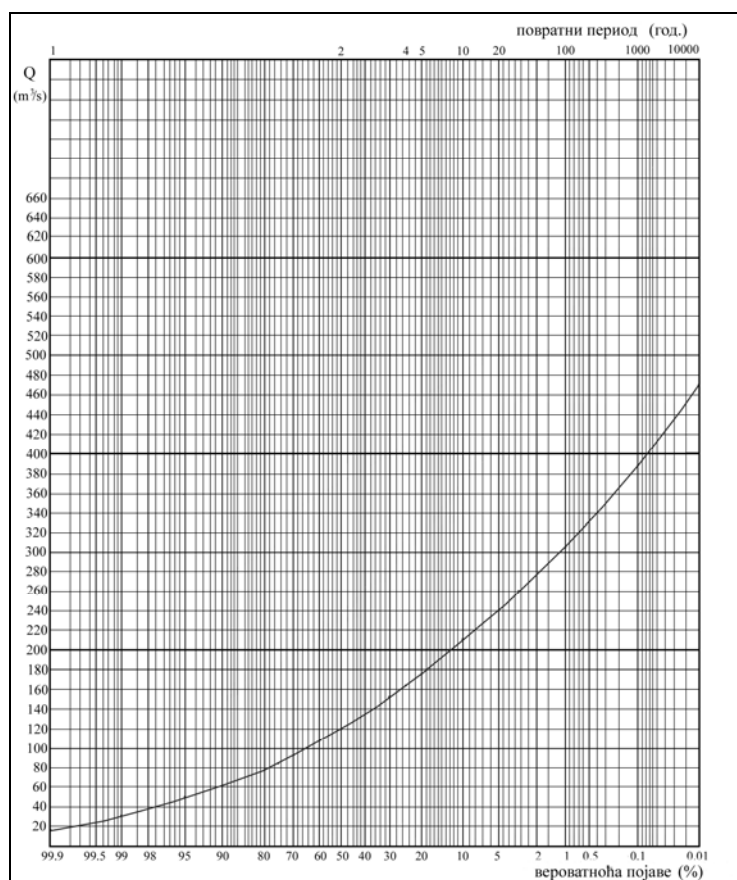
Вероватноћа у %	Вероватноћа у год.	\emptyset	$\emptyset \cdot Cv$	$Ks = \emptyset \cdot Cv + 1$	Q_{max}
0,01	10000	6,41	3,775	4,775	645,31
0,1	1000	4,81	2,833	3,833	517,97
1	100	3,15	1,855	2,855	385,84
3	33,3	2,31	1,361	2,361	318,99
5	20	1,91	1,125	2,125	287,15
10	10	1,34	0,789	1,789	241,78
20	5	0,73	0,430	1,430	193,23
25	4	0,52	0,306	1,306	176,52
30	3,5	0,35	0,206	1,206	162,99
50	2	-0,19	-0,112	0,888	120,01
60	1,6	-0,42	-0,247	0,753	101,70
70	1,42	-0,63	-0,371	0,629	84,99
75	1,33	-0,74	-0,436	0,564	76,23
80	1,25	-0,84	-0,495	0,505	68,27
90	1,11	-1,08	-0,636	0,364	49,17
95	1,05	-1,24	-0,730	0,270	36,44
99	1,01	-1,45	-0,854	0,146	19,72
99,9	1	-1,58	-0,931	0,069	9,38



Слика 42 – Крива вероватноће појаве великих вода реке Белог Тимока (Вратарница)

Табела 33 - Параметри за израчунавање криве обезбеђења максималних годишњих протицаја и израчунати вероватни максимални протицај Белог Тимока код Зајечара

Вероватноћа у %	Вероватноћа у год.	\bar{Q}	$\bar{Q} \cdot C_v$	$K_s = \bar{Q} \cdot C_v + 1$	Q_{max}
0,01	10000	5,73	2,630	3,630	469,99
0,1	1000	4,38	2,010	3,010	389,76
1	100	2,96	1,359	2,359	305,37
3	33,3	2,22	1,019	2,019	261,40
5	20	1,86	0,854	1,854	240,00
10	10	1,34	0,615	1,615	209,10
20	5	0,77	0,353	1,353	175,23
25	4	0,57	0,262	1,262	163,34
30	3,5	0,40	0,184	1,184	153,24
50	2	-0,15	-0,069	0,931	120,56
60	1,6	-0,38	-0,174	0,826	106,89
70	1,42	-0,61	-0,280	0,720	93,22
75	1,33	-0,73	-0,335	0,665	86,09
80	1,25	-0,85	-0,390	0,610	78,96
90	1,11	-1,15	-0,528	0,472	61,13
95	1,05	-1,35	-0,620	0,380	49,24
99	1,01	-1,66	-0,762	0,238	30,82
99,9	1	-1,90	-0,872	0,128	16,56



Слика 43 – Крива вероватноће појаве великих вода реке Белог Тимока (Зајечар)

На основу криве вероватноће појављивања максималних протицаја на Белом Тимоку, закључује се да се сваке године може очекивати максимални протицај са вероватноћом 99,9%, од 1,99 m³/s код Књажевца, 9,38 m³/s код Вратарнице и 16,56 m³/s код Зајечара. Једном у 100 година може се очекивати протицај од 374,35 m³/s код Књажевца, 385,84 m³/s код Вратарнице и 305,37 m³/s код Зајечара (слике 38,39,40). У анализираном периоду, на водомерној станици у Вратарници максимални годишњи протицај је у 20 наврата забележен већи од максималног годишњег протицаја на водомерној станици у Зајечару, због чега по урађеној прогнози на водомерној станици у Вратарници можемо очекивати веће протицаје.

Анализа вероватноће појављивања малих вода Белог Тимока код Књажевца, Вратарнице и Зајечара извршена је коришћењем истог поступка и исте методологије као и у случају великих вода. Полазни параметри су вишегодишње просечне мале воде, коефицијент варијације и коефицијент асиметрије, који износе:

Код Књажевца:	Qsr.min.= 1,06 m ³ /s ;	Cv= 0,54;	Cs= 1,08;
Код Вратарнице:	Qsr.min.= 1,37 m ³ /s ;	Cv= 0,56;	Cs= 1,12;
Код Зајечара:	Qsr.min.= 1,64 m ³ /s ;	Cv= 0,56;	Cs= 1,12;

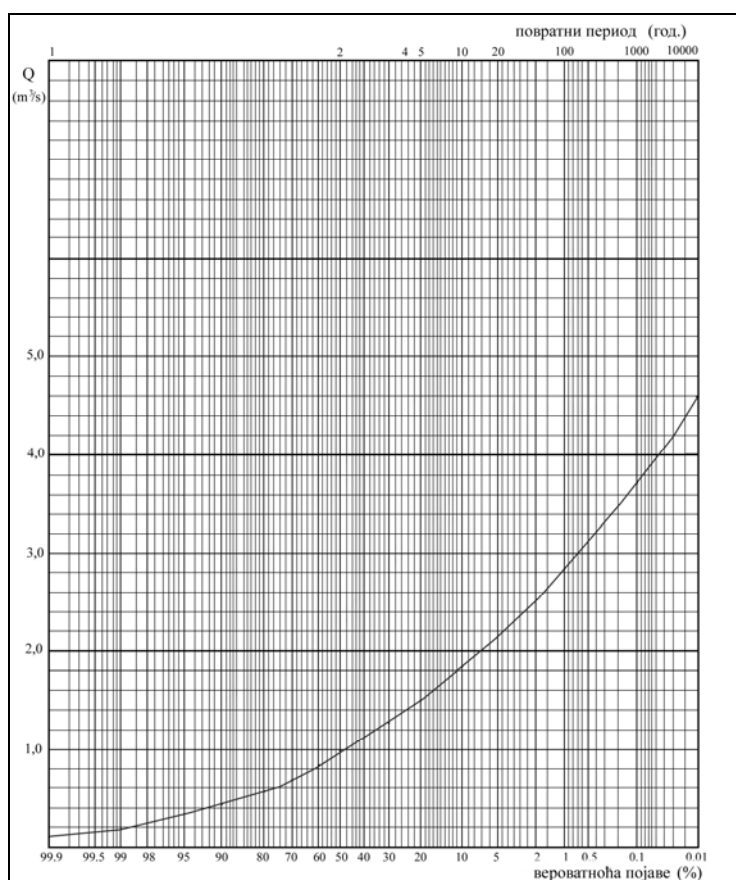
Коефицијент варијације и коефицијент асиметрије за Бели Тимок указује на умерену промену протицаја малих вода. Коефицијент асиметрије и коефицијент варијације код Вратарнице и Зајечара су идентични.

Даљим поступком израчунате су вероватне мале воде са различитом вероватноћом појављивања и ове вредности су приказане у табелама 34, 35 и 36.

На основу израчунатих вредности закључује се да се сваке године у Књажевцу може очекивати протицај од 0,10 m³/s, што не одступа много од минималних протицаја у периоду 1961–2005. године када су регистровани протицаји од 0,18 m³/s. Код Вратарнице се сваке године може очекивати протицај од 0,08 m³/s, а код Зајечара 0,10 m³/s.

Табела 34 – Параметри за израчунавање криве обезбеђења минималних годишњих протицаја и израчунати вероватни минимални протицај Белог Тимока код Књажеваца

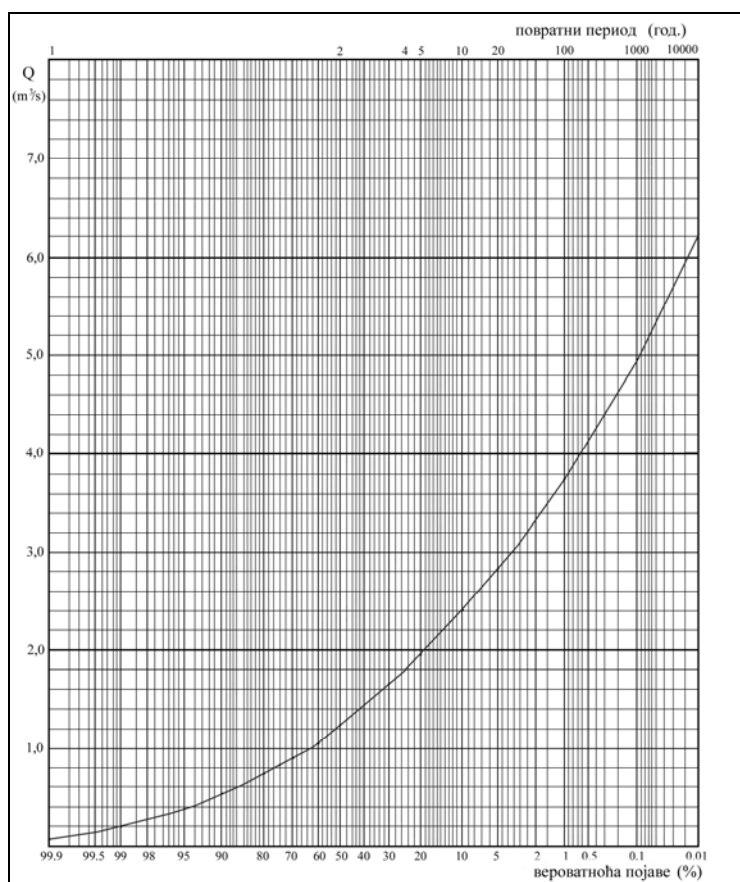
Вероватноћа у %	Вероватноћа у год.	\emptyset	$\emptyset \cdot C_v$	$K_s = \emptyset \cdot C_v + 1$	Q min
0,01	10000	6,18	3,337	4,337	4,60
0,1	1000	4,67	2,522	3,522	3,73
1	100	3,09	1,669	2,669	2,83
3	33,3	2,28	1,231	2,231	2,37
5	20	1,89	1,021	2,021	2,14
10	10	1,34	0,724	1,724	1,83
20	5	0,74	0,400	1,400	1,48
25	4	0,54	0,292	1,292	1,37
30	3,5	0,36	0,194	1,194	1,27
50	2	-0,18	-0,097	0,903	0,96
60	1,6	-0,41	-0,221	0,779	0,83
70	1,42	-0,62	-0,335	0,665	0,71
75	1,33	-0,71	-0,383	0,617	0,65
80	1,25	-0,85	-0,459	0,541	0,57
90	1,11	-1,1	-0,594	0,406	0,43
95	1,05	-1,28	-0,691	0,309	0,33
99	1,01	-1,52	-0,821	0,179	0,19
99,9	1	-1,68	-0,907	0,093	0,10



Слика 44 – Крива вероватноће појаве малих вода Белог Тимока (Књажевац)

Табела 35 – Параметри за израчунавање криве обезбеђења минималних годишњих протицаја и израчунати вероватни минимални протицај Белог Тимока код Вратарнице

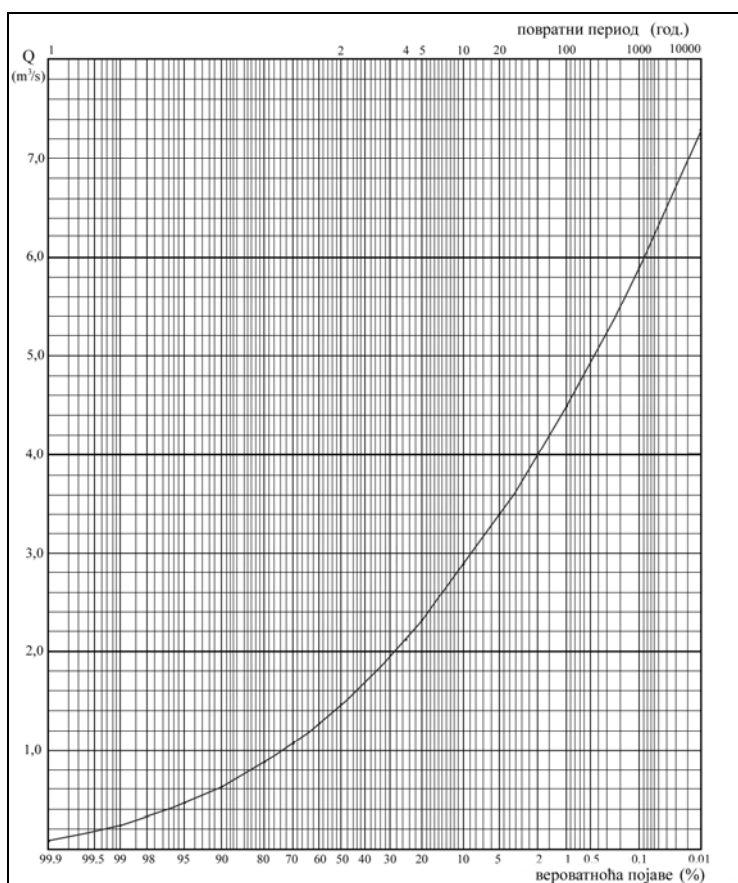
Вероватноћа у %	Вероватноћа у год.	\bar{Q}	$\bar{Q} \cdot C_v$	$K_s = \bar{Q} \cdot C_v + 1$	Q min
0,01	10000	6,18	3,4608	4,4608	6,11
0,1	1000	4,67	2,6152	3,6152	4,95
1	100	3,09	1,7304	2,7304	3,74
3	33,3	2,28	1,2768	2,2768	3,12
5	20	1,89	1,0584	2,0584	2,82
10	10	1,34	0,7504	1,7504	2,40
20	5	0,74	0,4144	1,4144	1,94
25	4	0,51	0,2856	1,2856	1,76
30	3,5	0,36	0,2016	1,2016	1,65
50	2	-0,18	-0,1008	0,8992	1,23
60	1,6	-0,41	-0,2296	0,7704	1,06
70	1,42	-0,62	-0,3472	0,6528	0,89
75	1,33	-0,71	-0,3976	0,6024	0,83
80	1,25	-0,85	-0,476	0,524	0,72
90	1,11	-1,1	-0,616	0,384	0,53
95	1,05	-1,28	-0,7168	0,2832	0,39
99	1,01	-1,52	-0,8512	0,1488	0,20
99,9	1	-1,68	-0,9408	0,0592	0,08



Слика 45 – Крива вероватноће појаве малих вода Белог Тимока (Вратарница)

Табела 36 – Параметри за израчунавање криве обезбеђења минималних годишњих протицаја и израчунати вероватни минимални протицај Белог Тимока код Зајечара

Вероватноћа у %	Вероватноћа у год.	\bar{Q}	$\bar{Q} \cdot C_v$	$K_s = \bar{Q} \cdot C_v + 1$	Q min
0,01	10000	6,18	3,461	4,461	7,31
0,1	1000	4,67	2,615	3,615	5,92
1	100	3,09	1,730	2,730	4,47
3	33,3	2,28	1,277	2,277	3,73
5	20	1,89	1,058	2,058	3,37
10	10	1,34	0,750	1,750	2,87
20	5	0,74	0,414	1,414	2,32
25	4	0,51	0,286	1,286	2,11
30	3,5	0,36	0,202	1,202	1,97
50	2	-0,18	-0,101	0,899	1,47
60	1,6	-0,41	-0,230	0,770	1,26
70	1,42	-0,62	-0,347	0,653	1,07
75	1,33	-0,71	-0,398	0,602	0,99
80	1,25	-0,85	-0,476	0,524	0,86
90	1,11	-1,1	-0,616	0,384	0,63
95	1,05	-1,28	-0,717	0,283	0,46
99	1,01	-1,52	-0,851	0,149	0,24
99,9	1	-1,68	-0,941	0,059	0,10



Слика 46 – Крива вероватноће појаве малих вода Белог Тимока (Зајечар)

На основу података за протицај са хидролошке станице Ргоште на **Сврљишком Тимоку**, може се констатовати следеће:

Средњегодишњи протицај, у анализираном периоду 1961–2005. година, био је $3,20 \text{ m}^3/\text{s}$. Минимални средњегодишњи протицај забележен је 2002. године од $0,70 \text{ m}^3/\text{s}$, а максимални 1963. године од $6,50 \text{ m}^3/\text{s}$ (слика 47).



Слика 47 – Хидрограм средњегодишњих протицаја Сврљишког Тимока код Ргошта за период 1961–2005. година

Од марта почиње нагло опадање протицаја и минимум се јавља у августу, иако је минимум падавина на већини кишомерних станица у сливу у октобру. Под утицајем јесењих киша протицај се повећава у октобру, новембру и децембру. Пораст се наставља и преко јануара и фебруара до марта, када се бележи максимални средњемесечни протицај Сврљишког Тимока. То је период интензивног отапања снега када снежница отиче преко водом засићеног земљишта. Средњемесечни протицај у марту је 8,8 пута већи од августовског средњемесечног протицаја.



Слика 48 – Хидрограм средњемесечних протицаја Сврљишког Тимока код Ргошта за период 1961–2005. година

Режим малих вода карактеришу највеће средњемесечне вредности у марту ($3,21 \text{ m}^3/\text{s}$), а најмање у септембру ($0,53 \text{ m}^3/\text{s}$). Апсолутно минимални протицај Сврљишког Тимока код Ргошта забележен је 2. IX 1988. године од $0,09 \text{ m}^3/\text{s}$.



Слика 49 – Хидрограм средњемесечних малих вода Сврљишког Тимока код Ргошта за период 1961–2005. година

Режим великих вода карактеришу најмање средњемесечне вредности у августу ($1,99 \text{ m}^3/\text{s}$), а највеће у марту ($25,46 \text{ m}^3/\text{s}$). Просечна вредност средњегодишње велике воде на Сврљишком Тимоку код Ргоште износи $11,70 \text{ m}^3/\text{s}$. Апсолутно максимални протицај забележен је 18. II 1963. године и 10. VI 1973. године од $154,0 \text{ m}^3/\text{s}$.

Према претходним подацима амплитуде екстремних вредности су код Ргошта $153,91 \text{ m}^3/\text{s}$.



Слика 50 – Хидрограм средњемесечних великих вода Сврљишког Тимока код Ргошта за период 1961–2005. година

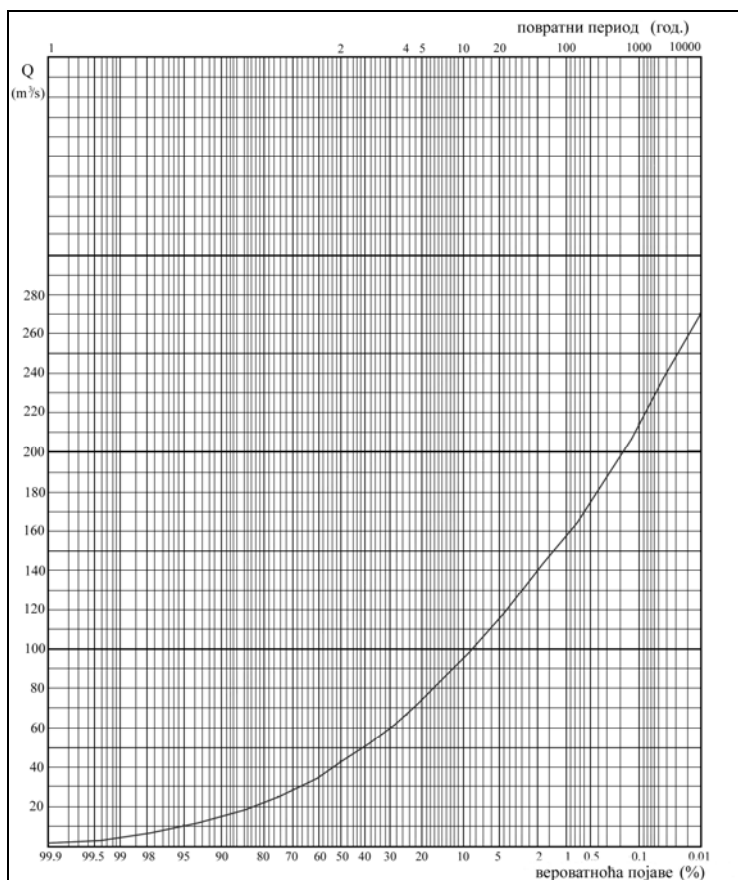
Методом серија одређена је вероватноћа појављивања максималних протицаја. Полазни параметри су: просечне вишегодишње велике воде, коефицијент варијације и коефицијент асиметрије.

Код Ргошта: $Q_{sr.max.} = 50,24 \text{ m}^3/\text{s}$; $C_v = 0,66$; $C_s = 1,32$;

Даљим поступком израчунате су вероватне велике воде са различитом вероватноћом појављивања и ове вредности су приказане у табели 37. На основу њих приступило се израчунавању података за израду криве вероватноће (слика 51).

Табела 37 – Параметри за израчунавање криве обезбеђења максималних годишњих протицаја и израчунати вероватни максимални протицај Сврљишког Тимока код Ргошта

Вероватноћа у %	Вероватноћа у год.	\bar{Q}	$\bar{Q} \cdot C_v$	$K_s = \bar{Q} \cdot C_v + 1$	Q_{max}
0,01	10000	6,64	4,382	5,382	270,41
0,1	1000	4,95	3,267	4,267	214,37
1	100	3,21	2,119	3,119	156,68
3	33,3	2,34	1,544	2,544	127,83
5	20	1,92	1,267	2,267	113,90
10	10	1,34	0,884	1,884	94,67
20	5	0,72	0,475	1,475	74,11
25	4	0,51	0,337	1,337	67,15
30	3,5	0,33	0,218	1,218	61,18
50	2	-0,21	-0,139	0,861	43,28
60	1,6	-0,43	-0,284	0,716	35,98
70	1,42	-0,63	-0,416	0,584	29,35
75	1,33	-0,74	-0,488	0,512	25,70
80	1,25	-0,84	-0,554	0,446	22,39
90	1,11	-1,06	-0,700	0,300	15,09
95	1,05	-1,20	-0,792	0,208	10,45
99	1,01	-1,38	-0,911	0,089	4,48
99,9	1	-1,48	-0,977	0,023	1,17



Слика 51 – Крива вероватноће појаве великих вода Сврљишког Тимока (Ргоште)

На основу вероватноће појављивања максималних протицаја на Сврљишком Тимоку, закључује се да се сваке године може очекивати максимални протицај са вероватноћом 99,9% од 1,17 m³/s. Максимални протицај од 154,0 m³/s, који је регистрован у анализираном периоду, по овој вероватноћи јавља се једном у 100 година.

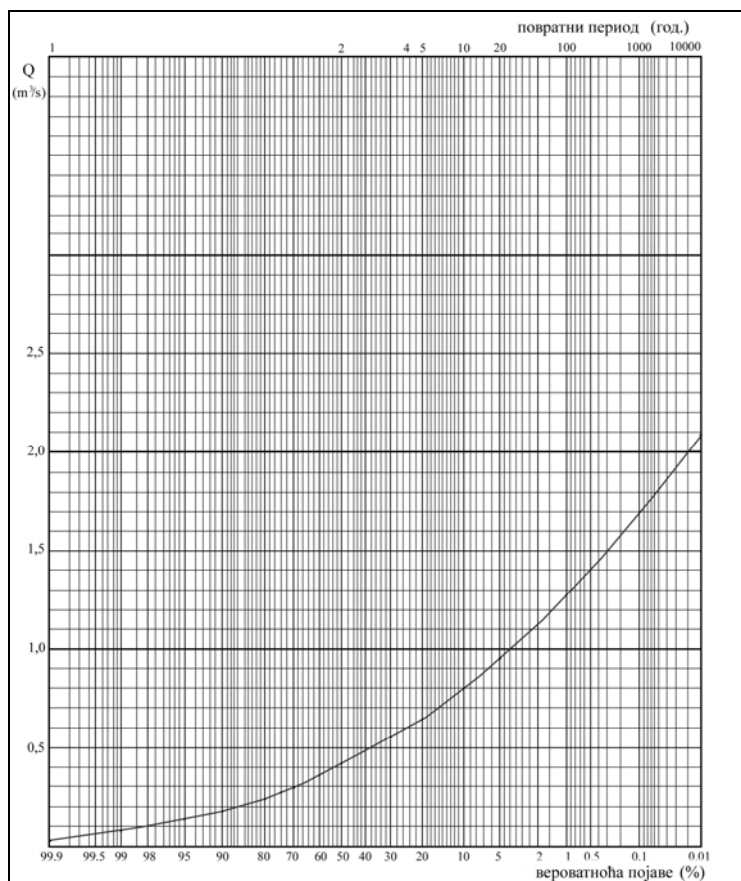
Обезбеђеност минималних годишњих протицаја и вредности вероватних минималних протицаја анализирани су истом методом.

Код Ргошта: $Q_{sr.min.} = 0,45 \text{ m}^3/\text{s}$; $C_v = 0,57$; $C_s = 1,14$;

Параметри за израчунавање свих коефицијената приказани су у табели 38. Вредност минималног протицаја, који има вероватноћу појављивања 0,01% је 2,09 m³/s.

Табела 38 – Параметри за израчунавање криве обезбеђења минималних годишњих протицаја и израчунати вероватни минимални протицај Сврљишког Тимока код Ргошта

Вероватноћа у %	Вероватноћа у год.	\emptyset	$\emptyset \cdot C_v$	$K_s = \emptyset \cdot C_v + 1$	Q min
0,01	10000	6,3	3,591	4,591	2,09
0,1	1000	4,74	2,702	3,702	1,69
1	100	3,12	1,778	2,778	1,27
3	33,3	2,3	1,311	2,311	1,05
5	20	1,9	1,083	2,083	0,95
10	10	1,34	0,764	1,764	0,80
20	5	0,74	0,422	1,422	0,65
25	4	0,53	0,302	1,302	0,59
30	3,5	0,36	0,205	1,205	0,55
50	2	-0,18	-0,103	0,897	0,41
60	1,6	-0,42	-0,239	0,761	0,35
70	1,42	-0,62	-0,353	0,647	0,29
75	1,33	-0,74	-0,422	0,578	0,26
80	1,25	-0,84	-0,479	0,521	0,24
90	1,11	-1,09	-0,621	0,379	0,17
95	1,05	-1,26	-0,718	0,282	0,13
99	1,01	-1,48	-0,844	0,156	0,07
99,9	1	-1,63	-0,929	0,071	0,03



Слика 52 – Крива вероватноће појаве малих вода Сврљишког Тимока (Ргоште)

На основу података за протицај на **Трговишком Тимоку** може се констатовати следеће:

Средњегодишњи протицај у периоду 1961–2005. година у Штрпцу је 4,33 m³/s. Трговишки Тимок највеће седњемесечне протицаје има у априлу. Врло висок средњемесечни протицај се јавља и у марту и мају. То је условљено пре свега отапањем снега на Старој планини, односно у извориштима десних притока Трговишког Тимока, као и великом количином пролећних падавина.

Минимални средњемесечни протицај је у септембру и износи 1,14 m³/s, а то је око 8,2 пута мање од средњемесечног максималног протицаја. Овај податак указује да је режим протицаја уједначенији у поређењу са Сврљишким Тимоком.

Режим малих вода карактеришу најниже средњемесечне вредности у августу и септембру (0,45 m³/s), а највише у априлу (3,04 m³/s). Апсолутно минимални протицај појавио се у 22. VIII 1993. године, само 0,13 m³/s.



Слика 53 – Хидрограм средњемесечних протицаја Трговишког Тимока код Штрпца за период 1961–2005. година



Слика 54 – Хидрограм средњемесечних малих вода Трговишког Тимока код Штрпца за период 1961–2005. година

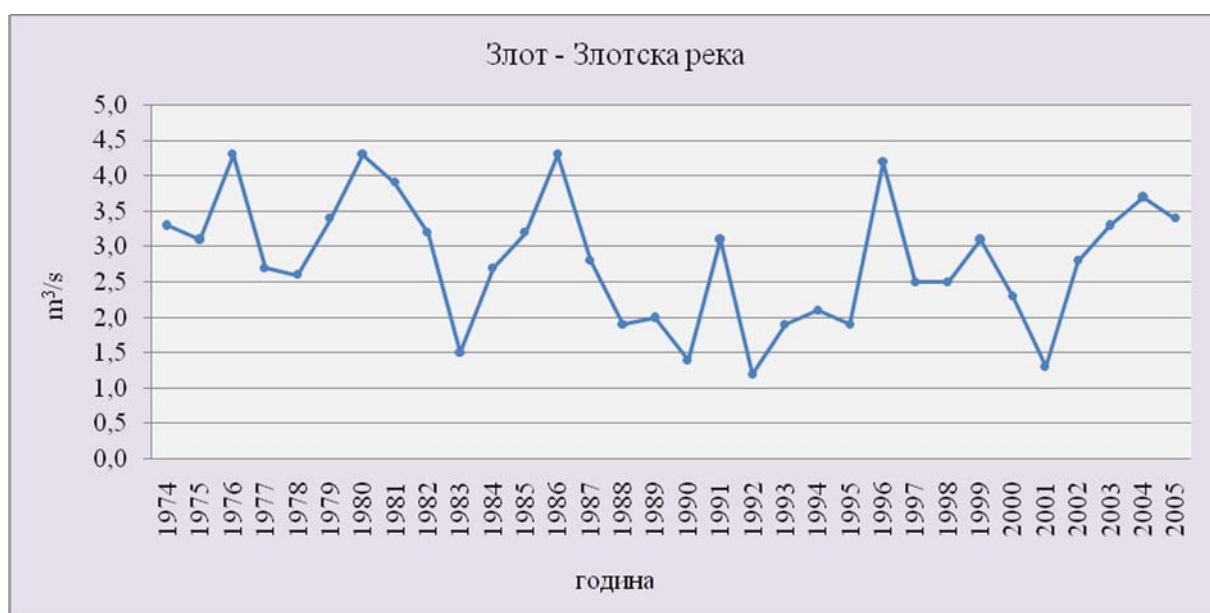
Режим великих вода карактеришу најниже вредности у августу ($3,25 \text{ m}^3/\text{s}$), а највише у априлу ($23,78 \text{ m}^3/\text{s}$). Апсолутно максимални протицај на хидролошкој станици у Штрпцу у периоду њеног рада забележен је 8. V 1987. године и износио је $112 \text{ m}^3/\text{s}$. Амплитуда екстремних вредности добијена на основу изнетих података је $111,87 \text{ m}^3/\text{s}$.



Слика 55 – Хидрограм средњемесечних великих вода Трговишког Тимока код Штрпца за период 1961–2005. година

За Трговишки Тимок није урађена прогноза обезбеђења реке водом, због кратког временског периода осматрања протицаја на укинутим и постојећој хидролошкој станици.

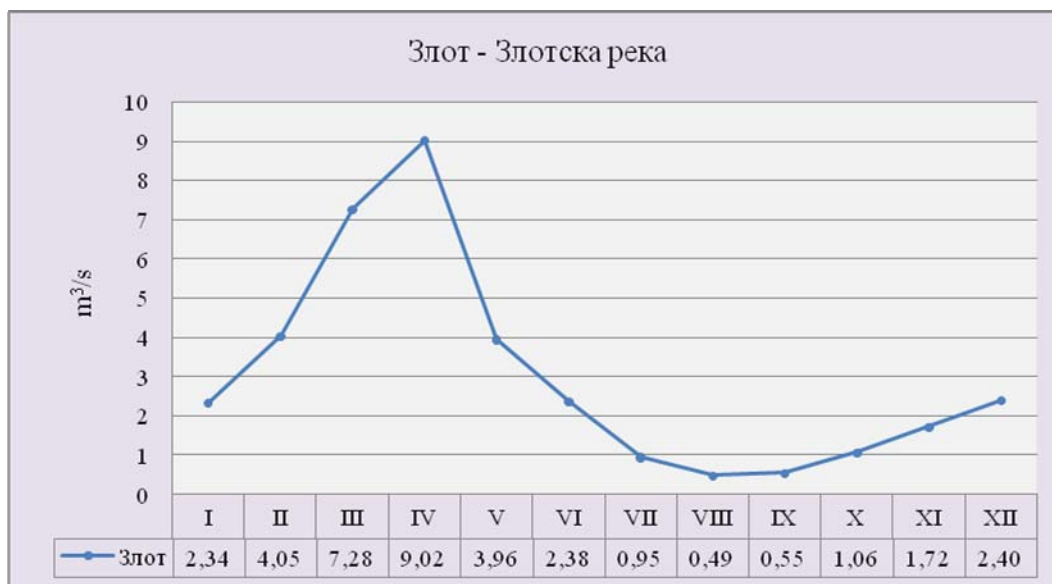
На основу података за протицај на хидролошкој станици Злот на **Злотској реци**, може се констатовати следеће:



Слика 56 – Хидрограм средњегодишњих протицаја Злотске реке код Злота за период 1974–2005. година

Средњегодишњи протицај у анализираном периоду 1961–2005. година је 3,02 m³/s. Хидрограм средњегодишњих протицаја од почетка рада хидролошке станице Злот приказан је на слици 56. На основу њега можемо закључити да је минимални средњегодишњи протицај забележен 1992. године од 1,20 m³/s, а максимални 1976, 1980. и 1986. године од 4,30 m³/s.

Време јављања највиших и најнижих средњемесечних протицаја на Злотској реци истоветно је кретању протицаја на Црном Тимоку, односно, најмањи је у августу (0,49 m³/s), а највећи у априлу (9,02 m³/s). На највиши протицај у априлу утиче спорије и касније отапање снежног покривача у највишим деловима Кучајских планина.



Слика 57 – Хидрограм средњемесечних протицаја Злотске реке код Злота за период 1961–2005. година

Режим малих вода карактеришу најниже средњемесечне вредности у августу (0,28 m³/s), а највише у априлу (3,08 m³/s). Апсолутно минимални протицај код Злота регистрован је 23.VIII 2000. године од 0,027 m³/s.

Режим великих вода се не разликује од режима малих вода. И у овом случају, најмање средњемесечне вредности јављају се у августу (1,55 m³/s), а највише у априлу (23,81 m³/s). Однос најмање и највеће средњемесечне велике воде је 1:15,4, што указује да је у просеку варирање великих вода веће од варирања малих вода. Апсолутно највиши протицај на овој хидролошкој станици

регистрован је 24.V 1980. године од $62,80 \text{ m}^3/\text{s}$. Апсолутна амплитуда протицаја на Злотској реци је $62,77 \text{ m}^3/\text{s}$.



Слика 58 – Хидрограм средњемесечних малих вода Злотске реке код Злота за период 1961–2005. година



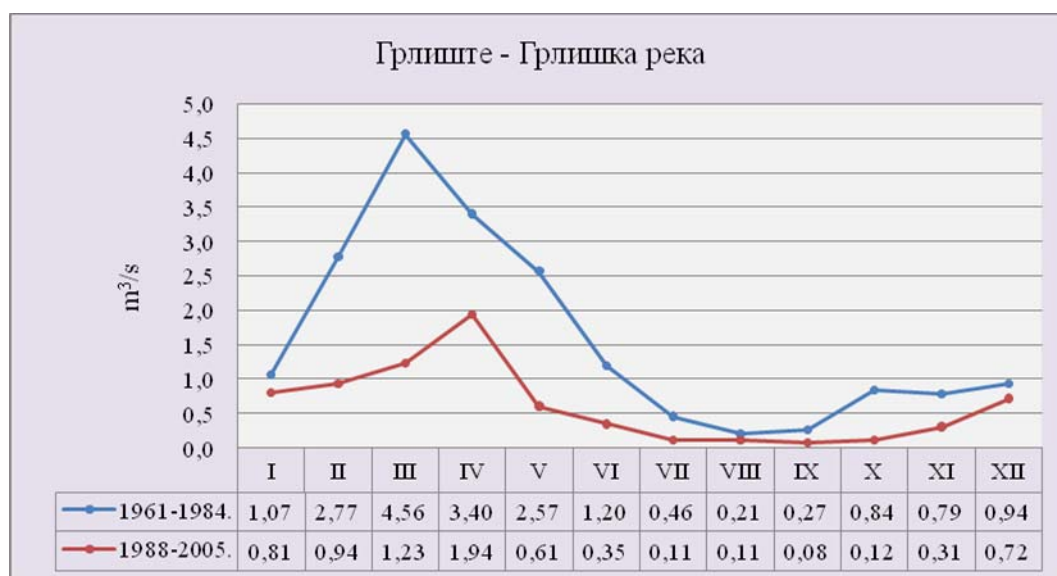
Слика 59 – Хидрограм средњемесечних великих вода Злотске реке код Злота за период 1961–2005. година

На основу података за протицај у периоду од 1961–1984. године и 1988–2005. године, са хидролошке станице Грлиште на **Грлишкој реци** може се констатовати следеће:

Средњегодишњи протицај до изградње акумулације Грлиште био је 2,5 пута већи од протицаја после њене изградње. У периоду 1961–1984. године он је 1,58 m³/s, а у периоду 1988–2005. године 0,61 m³/s. На слици 60 приказан је хидрограм средњегодишњих протицаја, на основу кога закључујемо да је најмањи средњегодишњи протицај забележен 1993. године од 0,043 m³/s, а највећи 1963. године од 2,70 m³/s.



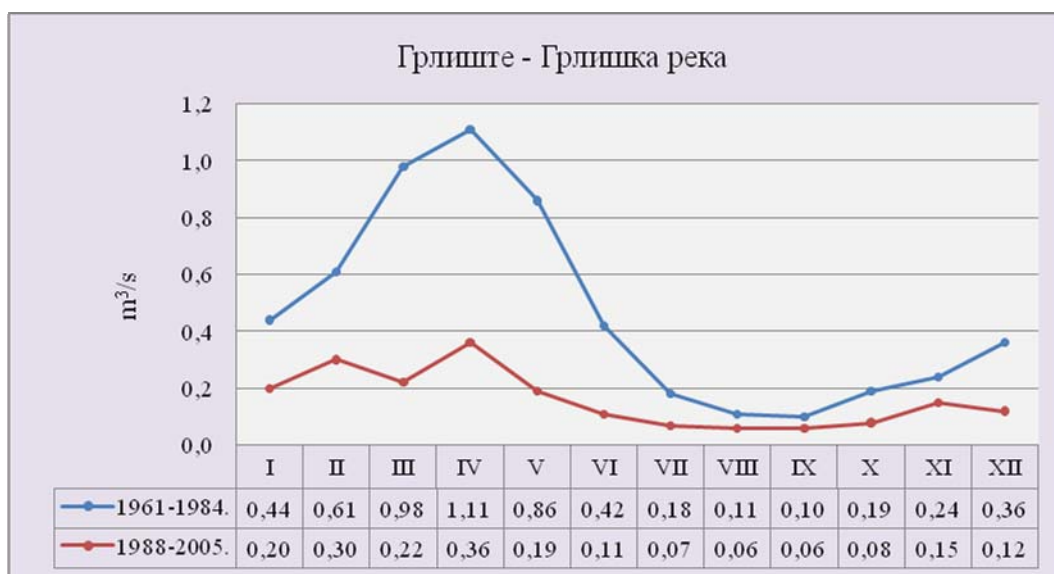
Слика 60 – Хидрограм средњегодишњих протицаја Грлишке реке код Грлишта за период 1961–2005. година



Слика 61 – Хидрограм средњемесечних протицаја Грлишке реке код Грлишта за период 1961–1984. и 1988–2005. година

У периоду 1961–1984. година највиши средњемесечни протицаји били су у марту ($4,56 \text{ m}^3/\text{s}$), а у периоду 1988–2005. година у априлу ($1,94 \text{ m}^3/\text{s}$). Најмање вредности средњемесечних протицаја су у августу ($0,21 \text{ m}^3/\text{s}$), пре изградње акумулације Грлиште, а у септембру ($0,08 \text{ m}^3/\text{s}$) након њене изградње.

Режим малих вода карактеришу најмање средњемесечне вредности у августу и септембру, а највише у априлу (слика 62). Апсолутно најнижи протицај забележен је 15.VIII 1993. године од $0,006 \text{ m}^3/\text{s}$.



Слика 62 – Хидрограм средњемесечних малих вода Грлишке реке код Грлишта за период 1961–1984. и 1988–2005. година

За режим великих вода карактеристично је да су најниже вредности средњемесечног протицаја у августу и септембру, а највише у марту и априлу (слика 63). Апсолутно највиши протицај забележен је 13. IV 2003. године од $94,4 \text{ m}^3/\text{s}$. Амплитуда екстрмних вредности код Грлишта износи $94,39 \text{ m}^3/\text{s}$.

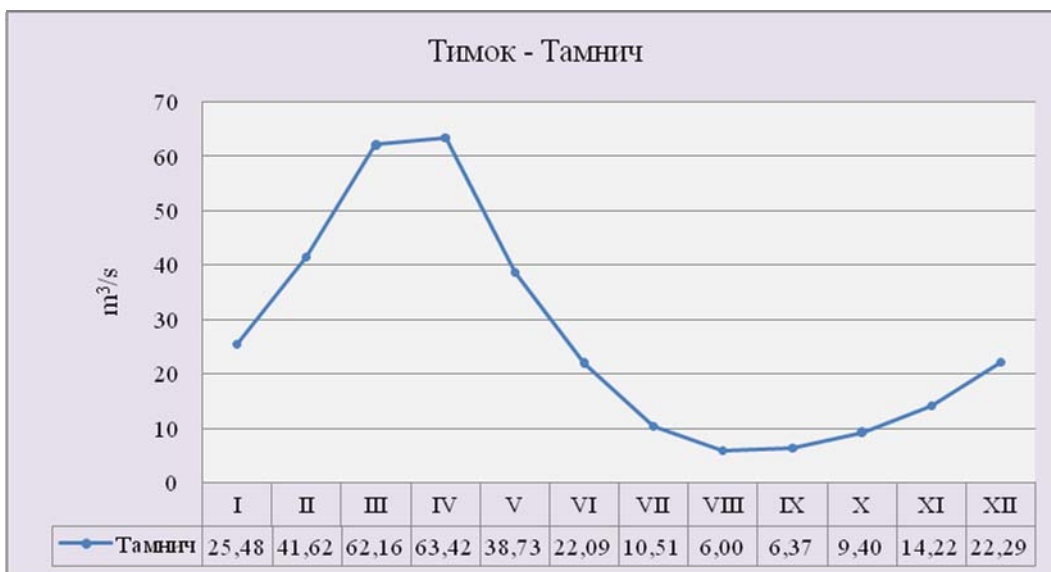


Слика 63 – Хидрограм средњемесечних великих вода Грлишке реке код Грлишта за период 1961–1984. и 1988–2005. година

Режим протицаја **Великог Тимока** функционално је везан за режим протицаја Белог и Црног Тимока. Средње вредности протицаја су одређене на два начина. Ово је последица мање поузданих података на хидролошким станицама Брусник и Тамнич, лоших услова њиховог рада, велике променљивости речног корита и посебно утицаја акумулације Соколовица (веће флукуације дневних вредности).

1. начин – Средњемесечне и годишње вредности протицаја Тимока су одређене тако што су сабрани протицаји Белог Тимока (у Зајечару) и Црног Тимока (у Гамзиграду) и помножени са коефицијентом који представља однос површине слива до профила Тамнич и профила Зајечар и Гамзиград. Вредност коефицијента је 1,246.

На тај начин одређен, средњегодишњи протицај Тимока у периоду 1961–2005. година је $26,86 \text{ m}^3/\text{s}$. Средњемесечне вредности протицаја крећу се од $6,00 \text{ m}^3/\text{s}$ у августу, до $63,42 \text{ m}^3/\text{s}$ у априлу (слика 64).



Слика 64 – Хидрограм средњемесечних протицаја Тимока код Тамнича
за период 1961–2005. година

2. начин – Због недостатка података са хидролошке станице Тамнич, протицај је одређен и свођењем просечних вишегодишњих вредности на период осматрања протицаја на станици Зајечар на Белом Тимоку (1961–2005. година). На основу података за протицај добијених на овај начин може се констатовати следеће:



Слика 65 – Хидрограм средњемесечних протицаја Тимока код Тамнича
за период 1961–2005. година

Средњегодишњи протицај је 23,56 m³/s. Минимални средњемесечни протицај бележи се у септембру, а максимални у априлу (слика 65). Амплитуда максималних и минималних средњемесечних протицаја је велика и износи 53,09 m³/s, односно протицај Тимока у априлу је 12,1 пута већи од септембарског протицаја. Односи између максималних и минималних протицаја показују да Тимок припада рекама које имају бујични карактер.

Режим малих вода карактеришу најмање средњемесечне вредности у септембру (2,21 m³/s), а највеће у априлу (19,37 m³/s) (слика 66). Однос најмање и највеће средњемесечне мале воде је 1:8,8.



Слика 66 – Хидрограм средњемесечних малих вода Тимока код Тамнича за период 1961–2005. година

Режим великих вода карактеришу најмање средњемесечне вредности у септембру (11,03 m³/s), а највеће у марту (197,13 m³/s). Однос најмање и највеће средњемесечне велике воде је 1:17,9 што указује да је у просеку варирање великих вода знатно веће од варирања малих вода.

За време рада хидролошке станице Тамнич, апсолутно минимална вредност протицаја регистрована је 10. XI 1975. године од 0,15 m³/s, а апсолутно највећа вредност 13. III 1962. године од 709 m³/s.



Слика 67 – Хидрограм средњемесечних великих вода Тимока код Тамнич
за период 1961–2005. година

Из изнетог се може закључити да на свим рекама у сливу Тимока постоји један максимум и један минимум протицаја. Максимални средњемесечни протицаји бележе се у марту и априлу, а минимални у августу и септембру. Велике пролећне воде са максимумом у марту и априлу условљене су отапањем снега у вишим деловима слива Тимока и повећањем падавина. Након тога, бележи се опадање просечних протицаја и мале воде се јављају крајем лета и почетком јесени са минимумом у августу и септембру, услед мање количине падавина и великог испаравања. Након тога просечни протицај се константно повећава до марта и априла.

На основу анализираних података за режим Тимока и класификације речних режима С. Илешича (1947), односно времена јављања највиших и најнижих средњих месечних протицаја, закључујемо да Бели, Црни и Велики Тимок припадају рекама са плувио-нивалним режимом умерено-континенталне варијанте.

6.6.3. Водостај

За анализу водостања на рекама коришћени су подаци различитих временских серија због честе промене коте „0“ водомера на хидролошким станицама.

Заједничким дејством плувијалног и нивалног чиниоца условљена је континуалност кретања водостаја током године у облику једноставне кривуље, са једним максимумом у пролеће и једним минимумом крајем лета или почетком јесени (слике 68–77). Под утицајем јесењих киша у октобру, водостај на свим станицама крајем октобра, у новембру и децембру расте. Пораст водостаја наставља се преко јануара и фебруара до максимума у марту и априлу. Од априла он опада све до августа и септембра и поред тога што је максимум падавина у јуну.

Максимални средњемесечни водостај код Тамнича, Ргошта и Грлишта је у марту, а код Штрпца, Књажевца, Вратарнице, Зајечара, Боговине, Гамзиграда и Злота у априлу. Висок водостај почетком и током пролећа јавља се услед отапања снега и знатних киша које се тада излучују. У планинском делу слива због веће надморске висине отапање снега продужено је на април и мај, што условљава да се код свих станица висок водостај одражава током целог пролећа.

Минимални средњемесечни водостаји јављају се код Гамзиграда у августу, код Зајечара, Грлишта, Боговине и Злота средњемесечне вредности водостаја су једнаке у августу и септембру, а код Тамнича, Књажевца, Вратарнице, Ргошта и Штрпца су идентичне у септембру. Мале воде се неповољно одражавају на привредни живот становништва овог краја. Мањи потоци пресуше, воде за наводњавање нема довољно, воденице престају да раде.



Слика 68 – Нивограм реке Трговишки Тимок код Штрпца за период 1980–2005. година



Слика 69 – Нивограм реке Сврљишки Тимок код Ргошта за период 1979–2005. година



Слика 70 – Нивограм реке Бели Тимок код Књажевца за период 1982–2005. година



Слика 71 – Нивограм реке Бели Тимок код Вратарнице за период 1978–2005. година



Слика 72 – Нивограм реке Бели Тимок код Зајечара за период 1965–2005. година



Слика 73 – Нивограм Грлишке реке код Грлишта за период 1961–1984. година



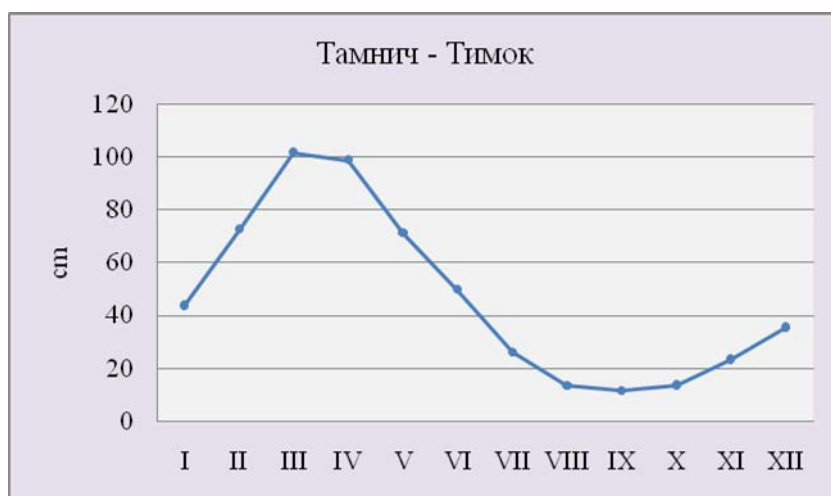
Слика 74 – Нивограм реке Црни Тимок код Боговине за период 1964–2005. година



Слика 75 – Нивограм реке Црни Тимок код Гамзиграда за период 1977–2005. година



Слика 76 – Нивограм Злотске реке код Злота за период 1974–2005. година



Слика 77 – Нивограм реке Тимок код Тамнича за период 1962–1989. година

Амплитуде водостаја показују да је средњемесечни максимални водостај већи од минималног за 90 cm код Тамнича, што је највећа вредност у сливу, углавном због ниског летњег водостаја, а најмања је код Штрпца (25 cm), јер је овај део слива најбоље пошумљен, летње температуре су ниже и испаравање мање.

Табела 39 – Највиши и најнижи регистровани водостаји (cm)

Назив станице	Период	Кота „0“	Највиши		Најнижи		Апсолутна амплитуда
			Висина	Датум	Висина	Датум	
Тамнич	1962-1989.	58,89	366	8. III 1962.	-20	24. XI 1979. 25. IX 1989.	386
Књажевац	1982-2005.	211,59	307	18. IV 2005.	-11	26. VIII 1989.	318
Вратарница	1978-2005.	149,76	387	1. IV 1987.	-3	24. VIII 2000.	390
Зајечар	1965-2005.	124,41	328	8. VI 1976.	-101	24. VIII 1993.	429
Боговина	1965-2005.	221,57	316	24.V 1980.	12	14. X 1966. 16. VII 1968.	304
Гамзиград	1977-2005.	152,20	477	26. III 1986.	-50	1. IX 2003.	527
Ргоште	1979-2005.	225,96	344	8. V 2005.	0	26. X 1990.	344
Штрбац	1980-1995.	258,53	166	1.IV 1987.	14	22. VIII 1993.	152
Злот	1974-2005.	252,50	180	30. III 1986.	-9	4. VIII 1990. 2. VIII 1993. 7. VIII 2000.	189
Грлиште	1961-1984.	168,41	256	7. VI 1976.	-15	21. VIII 1984.	271

Екстремна колебања водостаја су најизразитија на Црном Тимоку где измерена амплитуда екстремног водостаја износи 527 cm. Велике амплитуде екстремних водостаја забележене су и на водомерној станици Зајечар на Белом Тимоку, а износе до 429 cm.

6.6.4. Специфични отицај

Специфични отицај се разликује у појединим деловима слива Тимока. На то утичу, пре свега, климатски услови, нарочито годишња висина падавина и њена расподела по месецима, а затим рељеф и геолошка грађа. Највећи специфични

отицај је у сливу **Трговишког Тимока**, где до профила Штрбац у просеку годишње износи 11,6 l/s/km².

Табела 40 – Средњемесечне и средњегодишња вредност специфичног отицаја (l/s/km²)
Трговишког Тимока (1961–2005. година)

	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Год.
q	11,6	20,6	25,3	25,3	10,5	11,8	5,3	3,1	3,1	4,4	7,9	10,7	11,6

Запажа се максимум специфичног отицаја у зимским и пролећним месецима, нарочито у периоду фебруар–април, док је минимум крајем лета и почетком јесени, нарочито у августу и септембру (3,1 l/s/km²). Однос минималног према максималном средњемесечном специфичном отицају је 1: 8,2.

На основу података о специфичном отицају може се израчунати висина отицаја у сливу и коефицијент отицаја.

Табела 41 – Средњемесечне и средњегодишње падавине (у mm), висине отицаја (у mm) и коефицијенти отицаја за Трговишки Тимок (1961–2005. година)

	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Год.
X	58,7	55,7	57,5	78,0	87,0	102,1	62	59,8	62,0	48,6	70,2	69,7	811,3
Y	31,1	49,8	67,8	65,6	28,1	30,6	14,2	8,3	8,0	11,8	20,5	28,6	364,4
C	0,53	0,894	1,179	0,841	0,323	0,3	0,229	0,139	0,129	0,243	0,292	0,41	0,449

Са слива Трговишког Тимока у просеку годишње отекне 364,4 mm воде, а то износи 44,9% годишње суме падавина. Март је месец са вишином отицања изнад 67 mm, што износи више од количине падавина у том месецу, док у септембру отиче само 8 mm, односно 12,9% падавина. У пролеће се јавља највеће отицање (161,5 mm или 72,6% од укупне количине падавина у том годишњем добу), док у јесен отиче око 22,3% пале воде.

Средњегодишњи специфични отицај **Сврљишког Тимока** износи 5,2 l/s/km². У марту и априлу је изнад 9,5 l/s/km², док је у августу и септембру само 1,3 l/s/km². Однос минималног према максималном специфичном отицају је 1:9.

Табела 42 – Средњемесечне и средњегодишња вредност специфичног отицаја ($l/s/km^2$)

Сврљишког Тимока (1961–2005. година)

	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Год.
q	6,4	9,0	11,7	9,6	7,4	4,6	2,4	1,3	1,3	2,0	2,3	4,4	5,2

Са слива Сврљишког Тимока у просеку годишње отиче 164,1 mm (23,6% падавина). Највише отиче у марту (31,3 mm или 60,3% падавина), а најмање у септембру (3,4 mm или 6,2% пале воде у том месецу). Од годишњих доба, највеће отицање јавља се у пролеће (40,7%), а најмање у јесен (9,0%).

Табела 43 – Средњемесечне и средњегодишње падавине (у mm), висине отицаја (у mm) и коефицијенти отицаја за Сврљишки Тимок (1961–2005. година)

	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Год.
X	50,6	48,5	51,9	63,3	71,7	72,8	56,6	51,0	54,4	45,4	63,2	64,6	694,0
Y	17,1	22,6	31,3	24,9	19,9	11,9	6,4	3,5	3,4	5,3	6,0	11,8	164,1
C	0,338	0,466	0,603	0,393	0,278	0,163	0,113	0,069	0,063	0,117	0,095	0,183	0,236

Средњегодишњи специфични отицај **Белог Тимока** код Књажевца износи $6,3 l/s/km^2$. Највећи је у пролеће, у време отапања снега на планинама, када у априлу достиже висину од $13,3 l/s/km^2$, а најмањи у августу, када износи $1,8 l/s/km^2$. Однос минималног према максималном специфичном отицају је 1:7,4. Специфични отицај на профили Вратарница је мањи у односу на сектор Белог Тимока до Књажевца и у просеку годишње износи $5,4 l/s/km^2$. У марту и априлу је изнад $11,5 l/s/km^2$, док је у августу и септембру само $1,4 l/s/km^2$.

Табела 44 - Средњемесечне и средњегодишња вредност специфичног отицаја ($l/s/km^2$)

Белог Тимока (1961–2005. година)

	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Год.
Књажевац	6,1	10,1	13,1	13,3	9,9	6,1	2,7	1,8	1,9	2,3	3,2	5,3	6,3
Вратарница	5,4	9,0	11,6	11,7	8,1	5,2	2,4	1,4	1,4	1,9	2,7	4,4	5,4
Зајечар	5,2	8,8	11,6	11,5	8,1	4,7	2,2	1,3	1,4	1,9	2,7	4,3	5,3

Идући ка ушћу, специфични отицај се смањује и код Зајечара има вредност од $5,3 l/s/km^2$. На то утиче, пре свега, годишња висина падавина која се смањује од

изворишта ка ушћу. Запажа се максимум специфичног отицаја у зимским и пролећним месецима, нарочито у периоду фебруар–мај, док је минимум у летњим месецима, нарочито у августу (1,3 l/s/km²). Однос минималног према максималном средњемесечном специфичном отицају је 1:8,9.

Табела 45 – Средњемесечне и средњегодишње падавине (у мм), висине отицаја (у мм) и коефицијенти отицаја за Бели Тимок (1961–2005. година)

	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Год.
X	49,1	46,3	50,8	72,6	84,8	82,1	62,6	56,7	56,4	42,4	60,7	57,7	722,3
Y	13,9	21,3	31,1	29,8	21,7	12,2	5,9	3,5	3,6	5,1	7,0	11,5	167,3
C	0,283	0,460	0,612	0,410	0,256	0,149	0,094	0,062	0,064	0,120	0,115	0,199	0,232

Са слива Белог Тимока у просеку годишње отиче 167,3 mm (23,2% падавина). Највише отиче у марту 31,1 mm (61,2% падавина), а најмање у августу и септембру (3,5 mm, односно 3,6 mm). У пролеће се јавља највеће отицање (82,6 mm или 49,4% од годишњег отицаја), док у лето отиче око 10,7% падавина које се излуче у том годишњем добу.

У сливу **Црног Тимока** слична је ситуација као и у сливу Белог Тимока. Специфични отицај се смањује од изворишта ка ушћу реке. Средњегодишњи специфични отицај Црног Тимока код Боговине износи 12,3 l/s/km². У марту и априлу је изнад 30 l/s/km², док је у септембру само 2,1 l/s/km². Специфични отицај се низводно од поменуте станице до Гамзиграда годишње у просеку смањује 4 l/s/km². Специфични отицај на профилу Гамзиград у просеку годишње износи 8,3 l/s/km², а средњемесечне вредности крећу се од 1,6 l/s/km² у августу, до 21,5 l/s/km² у априлу. Однос минималног према максималном средњемесечном специфичном отицају износи 1:13,4.

Велики специфични отицај у изворишном делу слива може се тумачити знатним учешћем кречњака у геолошком саставу овог слива, који због својих својстава утиче на брзо понирање воде, а самим тим и на смањено испаравање воде на њеном путу до водотока.

Табела 46 – Средњемесечне и средњегодишња вредност специфичног отицаја (l/s/km²)

Црног Тимока (1961–2005. година)

	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Год.
Боговина	11,1	19,1	30,3	32	16,8	8,8	4,3	2,2	2,1	3,7	6,4	10,6	12,3
Гамзиград	7,6	12	20,5	21,5	11,3	6,2	3,0	1,6	1,7	2,9	4,6	7,1	8,3

У сливу Црног Тимока, осим падавина од којих функционално зависи величина отицаја и протицаја реке, важну улогу имају крашке воде које у пролећним месецима хране протицај и тиме повећавају укупан отицај.

Средњегодишњи специфични отицај слива Злотске реке до профила Злот износи 14,4 l/s/km². Максимум специфичног отицаја је у пролећним месецима, нарочито у априлу, 43,0 l/s/km², док је минимум у летњим месецима. На велику издашност слива знатан утицај има крашки рељеф.

Табела 47 – Средњемесечне и средњегодишње падавине (у мм), висине отицаја (у мм) и

кофицијенти отицаја за Црни Тимок (1961–2005. година)

	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Год.
X	52,1	50,9	59,3	76,6	78,4	79,7	59,0	48,3	56,8	55,1	68,4	64,8	749,4
Y	20,4	30,1	54,9	55,8	30,1	16,1	7,9	4,2	4,4	7,7	11,9	19,1	262,6
C	0,392	0,591	0,926	0,728	0,384	0,202	0,134	0,087	0,077	0,140	0,174	0,295	0,350

Са слива Црног Тимока годишње отиче 262,6 мм или око 35% падавина. И у овом сливу је највеће отицање у пролеће (140,8 мм или 53,6% годишњег отицаја). Најмање отицање са овог слива је у августу (4,2 мм или 8,7% падавина тог месеца).

Специфични отицај **Тимока** до профила Тамнич у просеку годишње износи 5,6 l/s/km². На основу података из табеле 48 констатује се да се вредности специфичног отицаја у току године крећу од 1,1 l/s/km² до 13,8 l/s/km². Знатно повећање специфичног отицаја бележи се почетком марта, а максимум се јавља у априлу као резултат пораста висине падавина и отапања снежног покривача у пролећним месецима, док су истовремено температуре ваздуха још увек ниске па је испаравање мало. Константно опадање специфичног отицаја бележи се од маја до октобра услед повишене температуре ваздуха, која условљава велико испаравање. Од октобра се поново уочава тренд пораста специфичног отицаја.

Однос минималног према максималном средњемесечном специфичном отицају је 1:12,5.

Табела 48 – Средњемесечне и средњегодишње вредност специфичног отицаја ($l/s/km^2$) Тимока (1961–2005. година)

	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Г
q	4,4	8,8	13,7	13,8	8,3	4,9	2,1	1,2	1,1	1,9	3,2	4,2	5,6

Од укупне количине падавина излучених на површину слива Тимока, годишње отекне слој воде висине 176,7 mm, односно 24,3% падавина. Највише отиче у марту, 36,7 mm (67% падавина), а најмање у септембру, 2,8 mm (4,9% пале воде у том месецу).

Табела 49 – Средњемесечне и средњегодишње падавине (у mm), висине отицаја (у mm) и коефицијенти отицаја за Тимок (1961–2005. година)

	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Год.
X	49,2	47,1	54,8	67,5	81,2	75,8	59,0	57,2	57,1	49,7	63,3	64,8	726,6
Y	11,8	21,3	36,7	35,8	22,2	12,7	5,6	3,2	2,8	5,1	8,3	11,2	176,7
C	0,240	0,452	0,670	0,530	0,273	0,168	0,095	0,056	0,049	0,103	0,131	0,173	0,243

Слив Тимока не спада у сливове богате водом, али поједини његови делови располажу знатним водним потенцијалима. Водом најбогатији су сливови Трговишког и Црног Тимока чија се издашност креће преко $8,3 l/s/km^2$, а коефицијент отицаја и преко 35%. С обзиром на слабу насељеност, пре свега слива Трговишког Тимока, очуван је и задовољавајући квалитет воде у водотоцима. Због наведених карактеристика, воде ових сливова могу се најрационалније искористити за различите намене.

7. ВОДНИ БИЛАНС

Водни биланс сваке територије по Т. Ракићевићу (1973) зависи од природних фактора, односно њеног рељефа, геолошког састава, педолошког покривача, биљног света, климата, као и промена насталих под утицајем људске делатности. Изучавање водног биланса има велики значај у циљу ефикаснијег и равномернијег коришћења водних ресурса за снабдевање водом, наводњавање, енергетику, спречавање брзих поплавних таласа и др. Рађене су бројне детаљне анализе водног биланса, како за простор Србије тако и за сливове (Дукић, 1959; Дукић и Гавриловић, 1994; Оцокољић, 1993, 1997; Прохаска и сарадници, 2007; Исаиловић и сарадници, 2007). Резултати истраживања су показали да постоји разлика и неуједначеност у односу падавине – отицање – испаравање.

Водни биланс слива Тимока представљен је односом који постоји између падавина на једној и отицања и испаравања на другој страни.

На основу расположивих података о падавинама (X) и отицањима (Y) (површинским (S) и подземним (U)) одређене су и друге величине које карактеришу режим Тимока, као нпр. укупно испаравање (Z), коефицијент испаравања (Ke), коефицијент отицаја (C), влага (вода од падавина) која се инфилтрира у земљишту (W), која једним делом учествује у подземном храњењу реке а другим из биљака или се директно троши на испаравање. Израчунат је и коефицијент храњења реке подземним водама (Ku) за речне профиле на којима је одређен подземни отицај.

Због лакшег поређења, све величине које се разматрају ради одређивања водног биланса дате су у mm висине слоја отицања, испаравања или падавина.

7.1. Површинско и подземно отицање и рашчлањење хидрограма

Утврђивање односа који постоји између површинског и подземног отицаја је важно у одређивању водног биланса слива, јер помаже при планирању водопривредних активности у њему (коришћење вода, заштита од вода и заштита вода).

Међу хидрограмима се уочавају велике разлике и у зависности од протицаја реке могу бити уједначени или веома променљиви. Уколико веће количине падавина доспевају у речно корито површинским путем, утолико је хидрограм неравномернији, док код оних водотока где падавине углавном доспевају подземним путем, хидрограм има равномеран ток.

Облик хидрограма зависи од бројних фактора: физичко-географске средине која је углавном стална, количине, врсте и интензитета падавина, нивоа подземних вода и стања влаге у земљи (Оцокољић, 1971; Урошев, 2007). Природни ток хидрограма и равнотежу отицаја нарушавају и водопривредни објекти после чије изградње режим река зависи од њиховог рада.

Рашчлањивање хидрограма омогућује да се приближно установи количинско учешће површинских и подземних вода у протицају. Постоји неколико начина рашчлањења хидрограма, који су предложили Б. А. Пољаков, Б. И. Кудељин, М. И. Љвович и други (Дукић и Гавриловић, 2006).

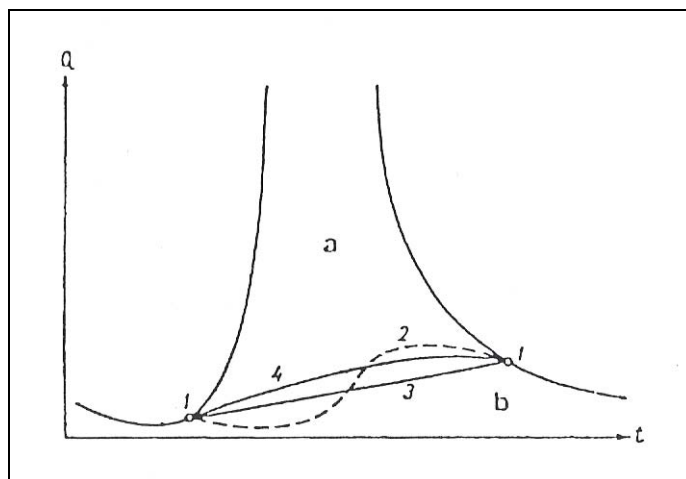
Б. А. Пољаков закључује да се при повећању протицаја у пролећним месецима смањује удео подземних вода, а да их у кратком периоду највећих протицаја уопште нема. Када протицај почне да се смањује, најпре се повлачи вода из полоја уз истовремено храњење протицаја из плиће издани. Максимално отицање подземних вода је у тренутку повлачења поплавне воде са полоја, а затим њихово отицање постепено опада.

Б. И. Кудељин је дао најбољу процену учешћа подземних вода у протицају река у време поводња, а у зависности од хидрогеолошких услова слива. При порасту протицаја подземно притицање воде нагло се смањује, а потпуно престаје при највишем протицају, када наступа негативна фаза у храњењу реке подземном водом. Притицање подземних вода у реку обнавља се после престанка поводња у горњем току реке.

М. И. Љвович, разматрајући удео подземних вода у укупном билансу, предложио је више начина раздвајања хидрограма (слика 78). Максимално притицање подземне воде је у тренутку иза максималног поводња али се оно никада не прекида потпуно како су наводили други аутори.

Према датој шеми (слика 78) нацртане су одговарајуће линије и тачке (1) које означавају почетак и крај храњења реке подземним или површинским

водама. Испрекиданом линијом 2 обележен је природни ток притоцаја подземних вода које су хидраулички везане за реку. Линијом 3 обележена је граница средњег притоцања подземних вода хидраулички везаних за речно корито. Најприближнија граница за одређивање подземног дотока воде који није хидраулички везан за реку представљена је линијом 4.



Слика 78 – Шема раздвајања притоцаја површинских (а) и подземних (б) вода (по М. И. Љвовичу)

Примењујући метод хидрограма и шему Љвовича у нашој хидролошкој пракси, М. Оцокољић наводи: „Разлика између било које концентрације није толика да би изазвала значајне промене при прорачуну површинског и подземног дотоцаја. Ипак, препоручује се узимање линије 4 која представља најприближнију границу између површинског и подземног отицаја“ (Оцокољић, 1971).

Имајући у виду све поменуте начине деобе хидрограма, у овом раду је прихваћен метод М. И. Љвовича. Хидрограм је анализиран на оним речним профилима на којима није поремећен природни режим изградњом хидротехничких објеката и за које су били доступни подаци о дневним вредностима притоцаја.

Љвович је, на основу стеченог искуства, препоручио да се уместо хидрограма за дужи низ година, на једном профилу узму вредности за четири, по водности карактеристичне године, и то: две средњеводне, по једна маловодна и многоводна година. Средњеводне године морају да одговарају не само просечном годишњем притоцају, него и годишњој расподели притоцаја по месецима и

годишњим добима. Маловодна и многоводна година морају одговарати годинама са протицајем обезбеђености од 75–80%, односно 20–25%. После израде сва четири хидрограма обавља се анализа и планиметришу се њихове укупне површине, и тек затим се обрађују подаци везани за подземне воде. На основу величина просечних процентуалних односа површина према годишњем протицају, одређује се удео површинских и подземних вода у протицају река (Дукић и Гавриловић, 2006; Урошев, 2007).

Испитивања су показала да је овом методом, на основу четири изабране карактеристичне године, могуће добити сасвим поуздане податке о односу између површинског и подземног отицаја за вишегодишњи период (Оцокољић, 1971).

Низом хидролошких осматрања у периоду 1961–2005. година и обрадом података о укупном отицају у сливу Тимока, као и усвојеном методом рашчлањивања хидрограма, одређен је површински и подземни отицај. Обрађени су подаци за осам хидролошких станица у сливу, од којих су три на Белом Тимоку, две на Црном Тимоку и по једна на Злотској реци, Сврљишком и Трговишком Тимоку. На основу података о обезбеђености средњегодишњих протицаја одабране су четири карактеристичне године: две обезбеђености 50% (средње године по водности), једна обезбеђености 20–25% (многоводна година) и једна обезбеђености 75–80% (маловодна година). Поред слагања средњегодишњег протицаја, вођено је рачуна и о слагању средњих месечних вредности које је остварено код већине месеци. Протицаји карактеристичних година на одређеним хидролошким станицама у сливу, приказани су у табелама 50–57.

Табела 50 – Протицаји карактеристичних година (m^3/s) Црног Тимока код Боговине

Година	Обезбеђеност %	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Год.
2002.	75–80	1,64	3,83	1,90	8,38	2,86	2,73	1,20	2,46	1,25	4,91	3,99	7,35	3,54
1978.	50	3,08	6,34	21,90	13,23	10,11	6,92	2,79	0,58	0,69	0,52	0,50	2,57	5,77
1967.	50	5,07	12,69	12,97	16,50	6,36	8,62	3,32	1,28	0,82	0,71	0,81	1,22	5,86
1965.	20–25	3,48	11,39	19,76	26,45	14,07	5,28	2,08	0,80	0,60	0,57	0,89	3,69	7,42
Ср.		3,32	8,56	14,13	16,14	8,35	5,89	2,35	1,28	,84	1,68	1,55	3,71	5,65
Ср. 1961/2005.		5,18	8,92	14,14	14,95	7,83	4,12	2,02	1,04	1,00	1,71	2,98	4,94	5,74

Табела 51 – Протицаји карактеристичних година (m^3/s) Црног Тимока код Гамзиграда

Година	Обезбеђеност %	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Год.
1989.	75–80	2,39	3,26	13,90	6,00	11,90	12,20	5,19	1,07	1,86	6,93	6,37	5,52	6,38
1973.	50	2,32	16,91	21,34	39,53	18,20	4,81	2,72	0,88	3,25	2,23	2,43	2,69	9,78
1999.	50	14,03	9,82	19,57	22,73	12,57	4,86	6,39	2,31	1,32	1,34	7,71	14,78	9,78
1974.	20–25	4,95	10,41	28,61	22,18	30,83	8,86	4,85	2,58	2,84	3,71	15,78	21,38	13,08
Ср.		5,92	10,10	20,86	22,61	18,37	7,68	4,79	1,71	2,32	3,55	8,08	11,09	9,76
Ср. 1961/2005.		9,20	14,58	24,85	26,10	13,65	7,55	3,60	1,91	2,04	3,49	5,57	8,64	10,10

Табела 52 – Протицаји карактеристичних година (m^3/s) Злотске реке код Злота

Година	Обезбеђеност %	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Год.
1988.	75–80	0,62	3,16	6,64	5,73	2,60	2,27	0,27	0,16	0,21	0,26	0,31	0,78	1,92
1975.	50	1,85	1,15	4,23	4,76	3,71	5,00	1,41	1,12	1,38	2,97	5,45	4,33	3,11
1991.	50	1,67	,46	11,88	12,63	6,64	1,75	0,56	0,71	0,29	0,29	0,36	0,34	3,13
1996.	20–25	1,73	,86	1,72	25,71	8,81	0,89	0,13	0,09	0,80	0,55	1,53	7,95	4,23
Ср.		1,47	1,41	6,12	12,21	5,44	2,48	0,59	0,52	0,67	1,02	1,91	3,35	3,10
Ср. 1961/2005.		2,34	4,05	7,28	9,02	3,96	2,38	0,95	0,49	0,55	1,06	1,72	2,40	3,02

Табела 53 – Протицаји карактеристичних година (m^3/s) Сврљишког Тимока код Ргошта

Година	Обезбеђеност %	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Год.
1992.	75–80	1,20	2,42	2,38	5,92	2,39	2,84	1,00	0,36	0,31	0,45	0,77	0,68	1,73
1975.	50	3,17	1,53	4,02	3,59	10,07	6,11	1,38	1,42	1,27	1,71	1,76	2,74	3,23
1999.	50	7,08	7,00	5,52	4,49	3,38	2,75	2,78	0,93	0,80	0,70	0,93	3,52	3,33
1981.	20–25	4,50	8,18	14,07	6,12	5,09	2,33	1,15	0,96	1,05	1,01	3,04	7,72	4,60
Ср.		3,99	4,78	6,50	5,03	5,23	3,51	1,58	0,92	0,86	0,97	1,62	3,67	3,22
Ср. 1961/2005.		3,95	5,58	7,21	5,94	4,60	2,83	1,50	0,82	0,83	1,21	1,45	2,75	3,22

Табела 54 – Протицаји карактеристичних година (m^3/s) Трговишког Тимока код Штрпца

Година	Обезбеђеност %	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Год.
2000.	75–80	0,72	3,03	7,84	9,45	2,81	1,60	0,44	0,24	0,38	0,38	0,66	0,60	2,35
2001.	50	0,56	0,47	1,78	13,22	4,58	5,52	8,67	2,29	1,86	0,64	0,60	0,51	3,39
2003.	50	5,69	5,25	6,22	9,46	4,48	0,95	0,50	0,23	0,72	2,68	3,70	1,71	3,47
2005.	20–25	1,90	5,96	10,23	13,33	9,19	3,32	2,05	1,98	1,33	1,78	1,54	4,65	4,77
Ср.		2,22	3,68	6,52	11,37	5,27	2,85	2,91	1,19	1,07	1,37	1,62	1,87	3,49
Ср. 1961/2005.		4,32	7,65	9,40	9,42	3,89	4,39	1,99	1,17	1,14	1,64	2,93	3,98	4,33

Табела 55 – Протицаји карактеристичних година (m^3/s) Белог Тимока код Књажевца

Година	Обезбеђеност %	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Год.
2001.	75–80	1,24	1,71	4,70	24,44	8,80	6,95	2,87	1,19	2,39	1,50	1,40	1,39	4,88
1971.	50	5,32	9,40	29,21	21,38	8,95	4,09	2,41	1,18	2,39	1,65	1,87	1,98	7,49
2004.	50	10,38	19,06	16,51	9,02	5,67	8,23	2,87	2,59	2,16	2,62	6,12	5,57	7,56
1965.	20–25	16,65	17,63	23,17	22,29	23,12	5,82	2,81	2,01	1,91	1,77	2,30	10,87	10,86
Ср.		8,40	11,95	18,40	19,28	11,63	6,27	2,74	1,74	2,21	1,89	2,92	4,95	7,70
Ср. 1961/2005.		7,58	12,59	16,23	16,55	12,24	7,52	3,39	2,21	2,33	2,90	3,94	6,55	7,84

Табела 56 – Протицаји карактеристичних година (m^3/s) Белог Тимока код Вратарнице

Година	Обезбеђеност %	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Год.
2001.	75–80	1,49	1,65	4,71	29,78	8,53	7,65	3,72	1,49	2,61	1,68	1,70	1,77	5,56
2004.	50	13,55	25,49	22,05	12,83	7,80	11,40	3,47	2,96	1,94	2,68	7,78	6,97	9,91
1982.	50	12,60	5,47	21,27	18,33	21,24	6,32	3,25	2,60	2,48	2,42	3,34	9,74	9,09
1978.	20–25	13,23	24,04	42,64	23,83	20,85	10,42	5,98	2,50	4,20	3,09	2,51	10,77	13,67
Ср.		10,21	14,16	22,66	21,19	14,61	8,95	4,10	2,39	2,81	2,47	3,83	7,32	9,56
Ср. 1961/2005.		9,53	15,96	20,52	20,69	14,27	9,13	4,28	2,56	2,54	3,39	4,81	7,86	9,63

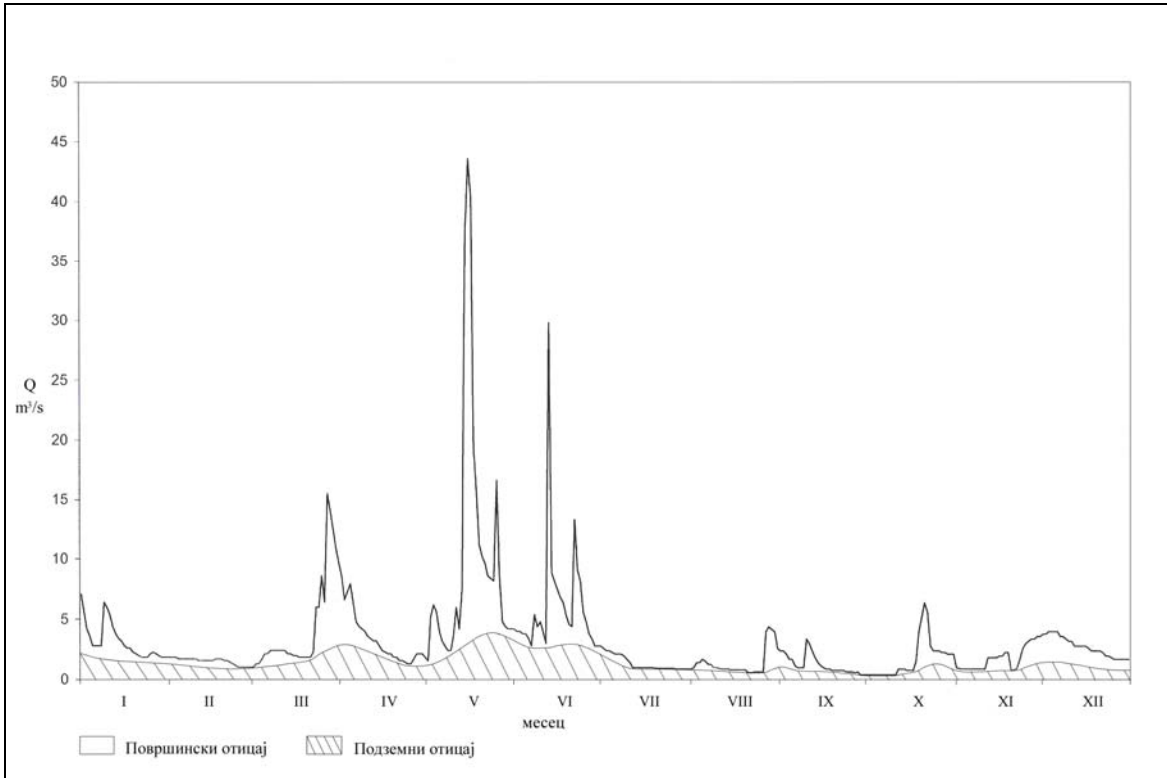
Табела 57 – Протицаји карактеристичних година (m^3/s) Белог Тимока код Зајечара

Година	Обезбеђеност %	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Год.
2000.	75–80	8,10	21,11	17,51	17,65	6,42	3,50	1,79	1,02	1,41	1,61	2,26	2,08	7,04
1982.	50	12,37	4,94	28,86	25,48	25,46	6,27	3,34	2,95	2,66	2,77	3,68	11,03	10,82
1984.	50	8,28	16,54	47,06	27,19	14,22	3,82	1,48	1,38	1,18	1,27	1,63	1,58	10,47
1970.	20–25	22,15	31,93	32,73	34,42	30,71	12,87	15,33	2,77	1,80	2,59	2,90	2,98	16,10
Ср.		12,72	18,63	31,54	26,18	19,20	6,61	5,48	2,03	1,76	2,06	2,62	4,42	11,10
Ср. 1961/2005.		11,25	18,82	25,03	24,80	17,43	10,17	4,83	2,90	3,07	4,12	5,85	9,25	11,46

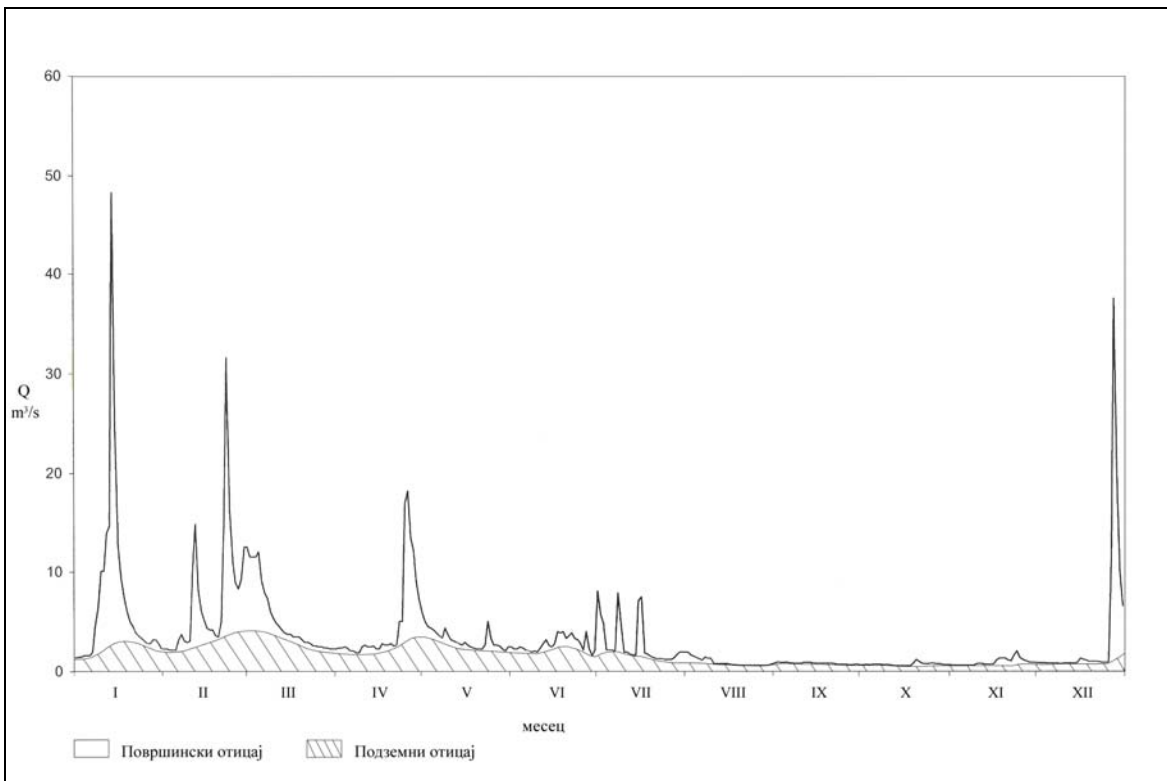
Гледано у целини, средње годишње вредности за све четири године поклопиле су се са вредностима за цео период (1961–2005. година). Највеће одступање је на станици Штрбац, јер су изабране четири по водности карактеристичне године за које су били доступни подаци о средњим дневним вредностима протицаја. Изабране године нису могле бити заступљене на свим станицама у истом временском периоду, пошто је избор изведен на основу најбољих слагања.

Средњи дневни протицаји представљени су у виду хидрограма (слике 79-110), на којима су, по усвојеном методу, одређене границе између површинског и подземног отицаја. У одређивању граница било је доста дилема у вези са рашчлањењем хидрограма у доба појаве великих вода, нарочито током пролећних месеци (март, април и мај). При рашчлањивању хидрограма у доба појаве највећих вода, најчешће је примењивано логично продужење границе из периода малих вода током зиме и лета, и њено спајање са максималним водама. На већини хидрограма било је могуће на лакши начин одредити ову границу у периоду од јуна до краја године, и од јануара до фебруара, с обзиром на дужу трајност храњења реке подземном водом у овом делу године.

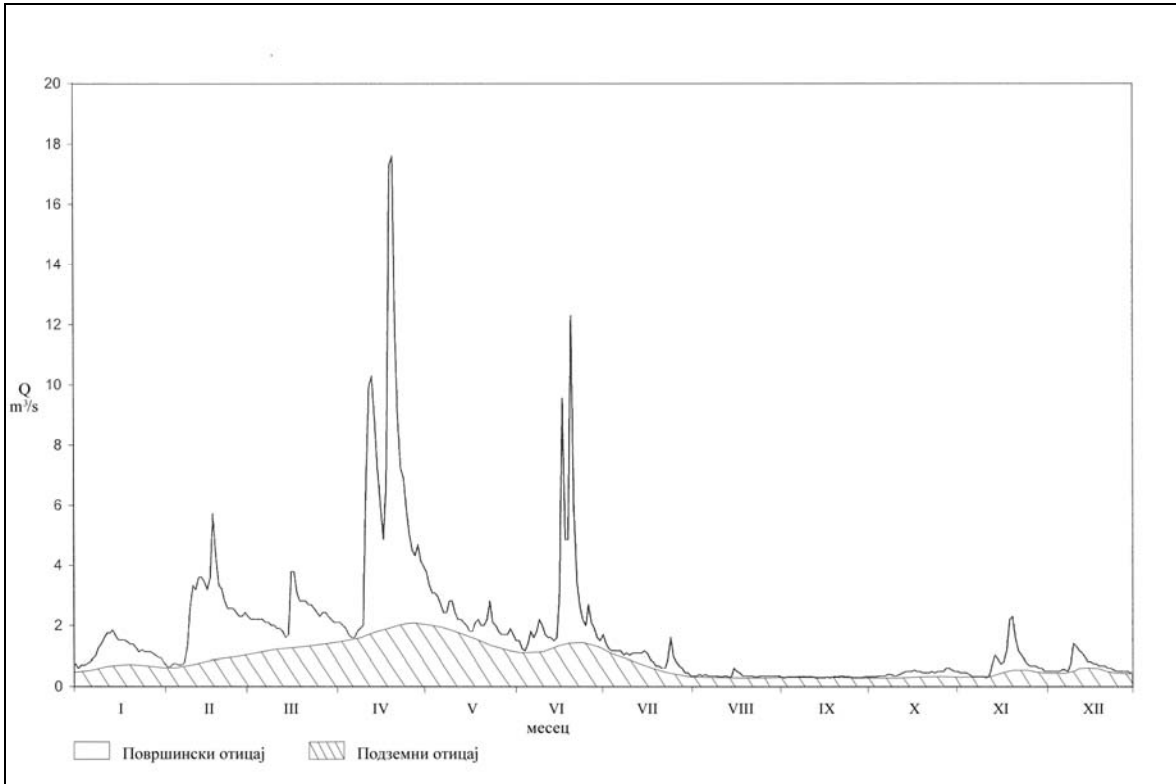
Графичком анализом хидрограма и његовим планиметрисањем одређене су разлике између површинског и подземног отицаја. Резултати су приказани у табелама 58 и 59, са датим средњим месечним и годишњим вредностима и процентима у односу на укупно отицање. Они се могу прихватити као меродавни ако се претходно изврше анализе о тачности добијених резултата.



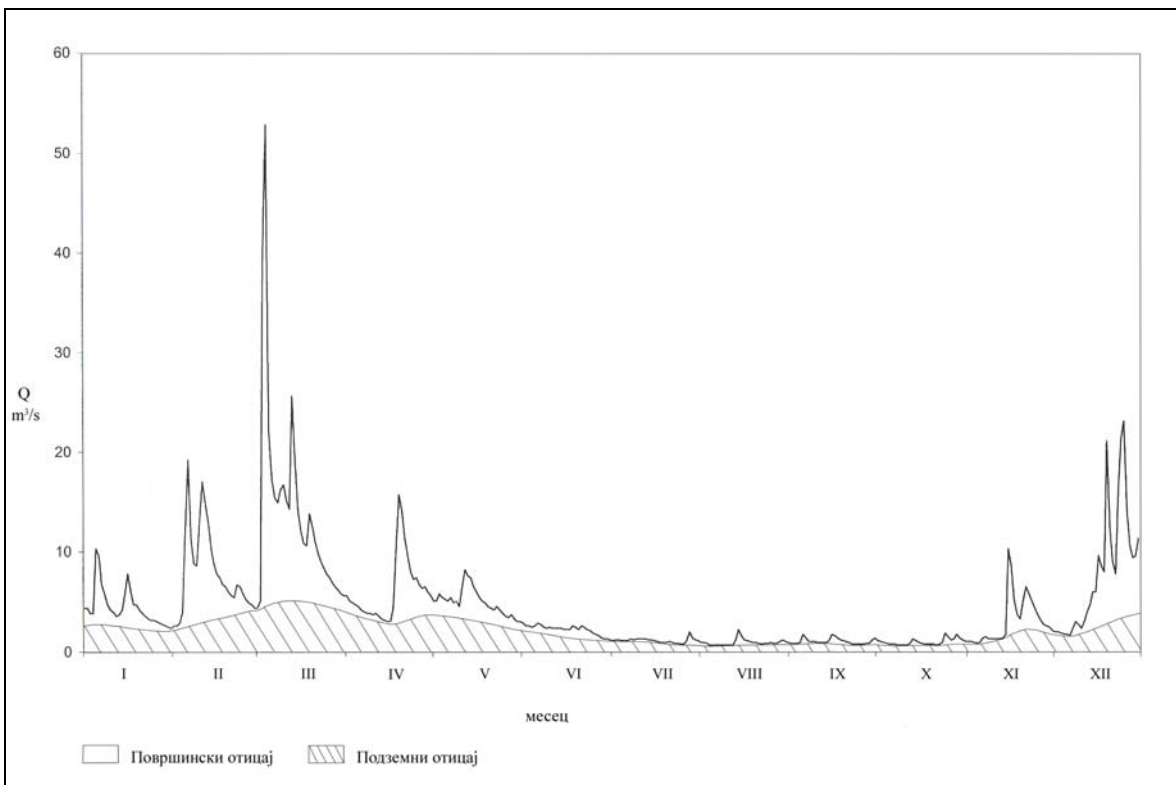
Слика 79 – Хидрограм Сврlišког Тимока код Ргошта за средњеводну 1975. годину



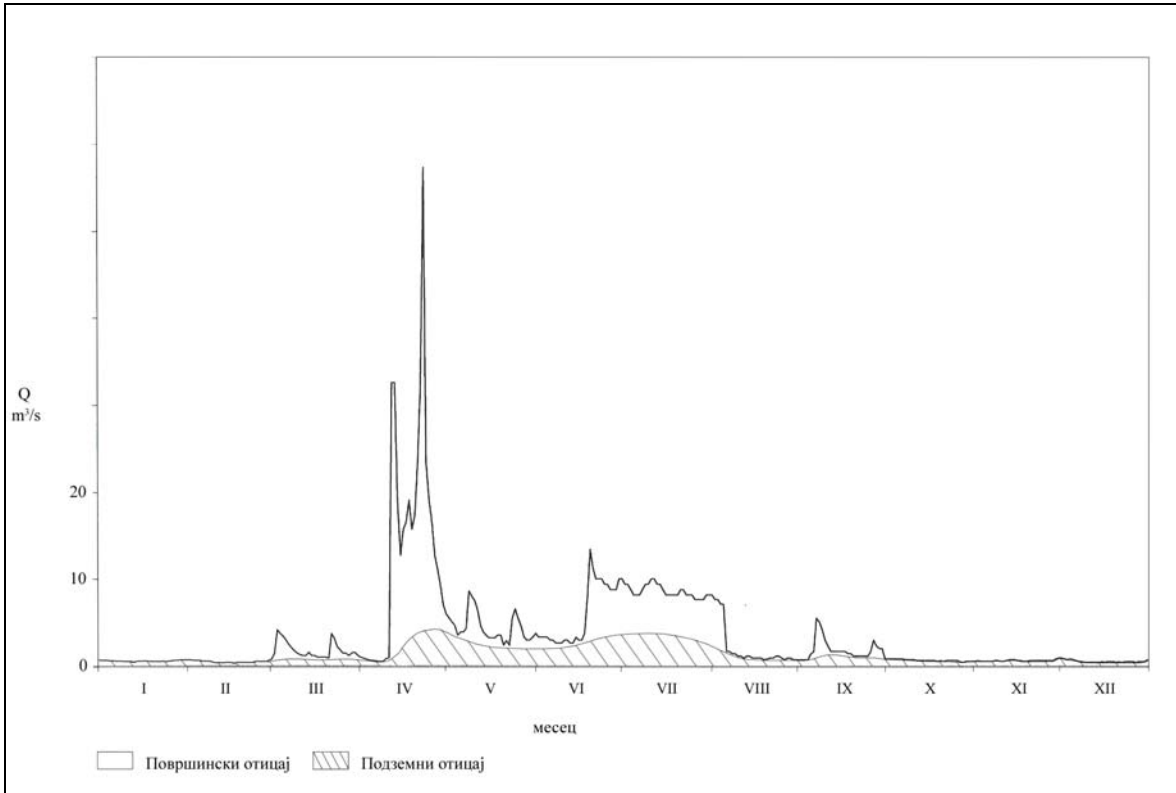
Слика 80 – Хидрограм Сврlišког Тимока код Ргошта за средњеводну 1999. годину



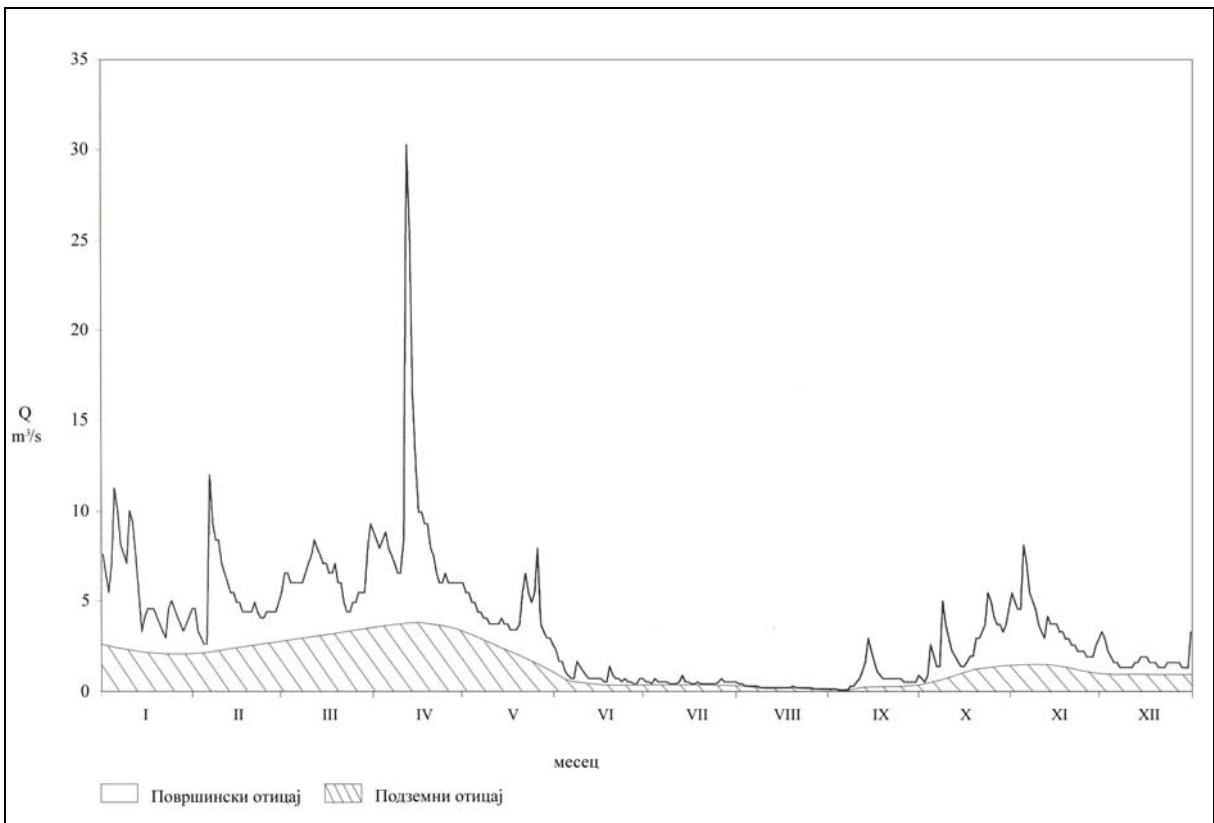
Слика 81 – Хидрограм Сврљишког Тимока код Ргошта за маловодну 1992. годину



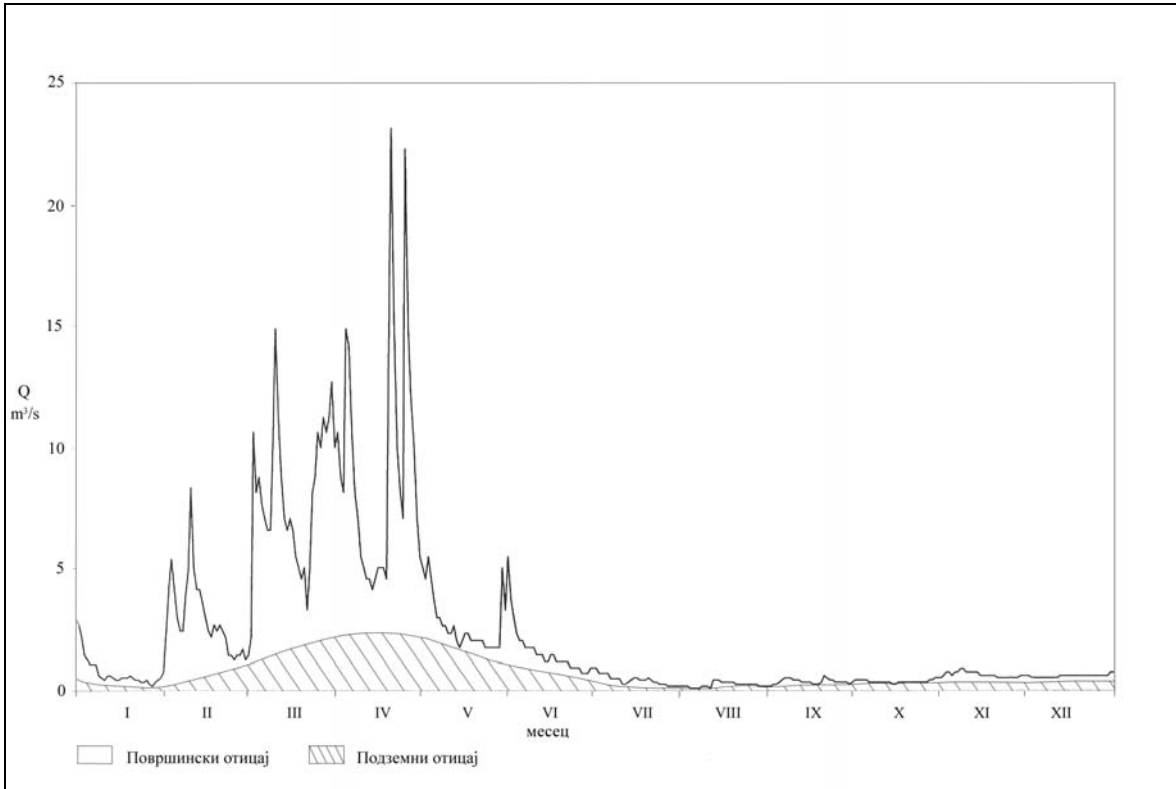
Слика 82 – Хидрограм Сврљишког Тимока код Ргошта за многоводну 1981. годину



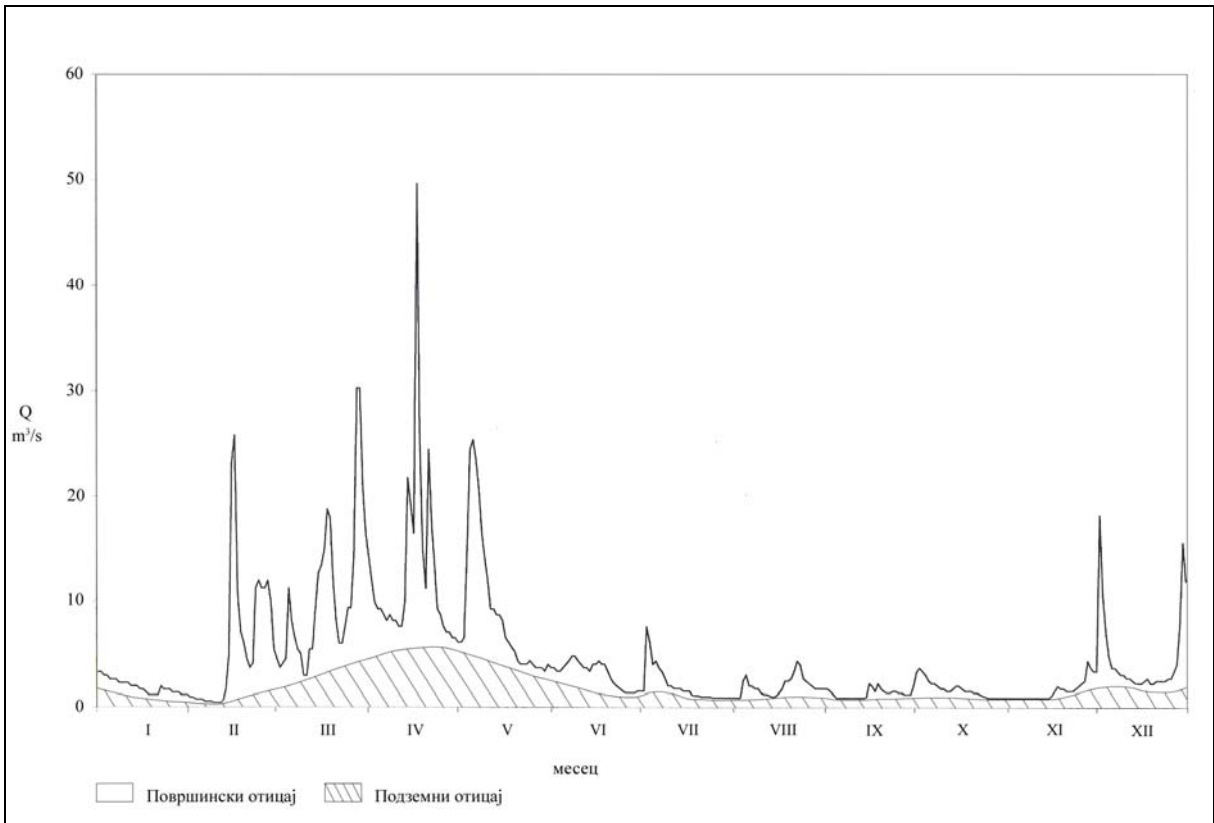
Слика 83 – Хидрограм Трговишког Тимока код Штрпца за средњеводну 2001. годину



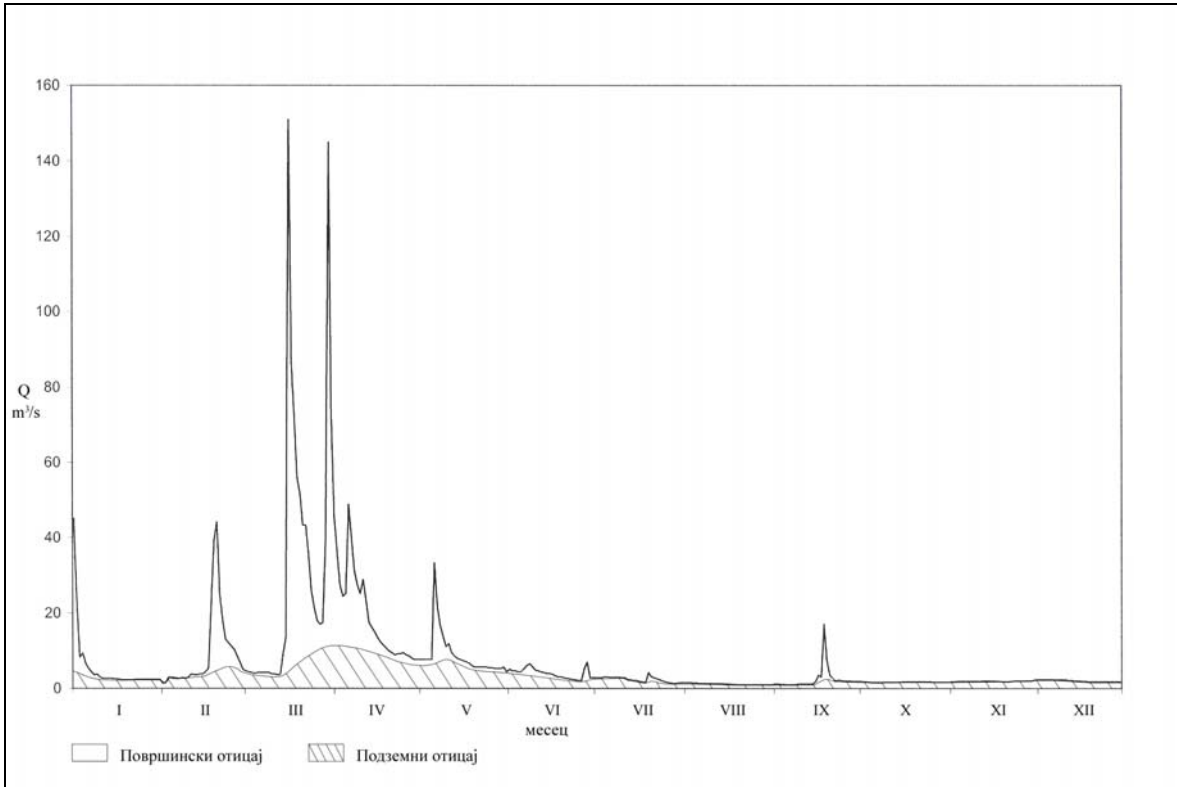
Слика 84 – Хидрограм Трговишког Тимока код Штрпца за средњеводну 2003. годину



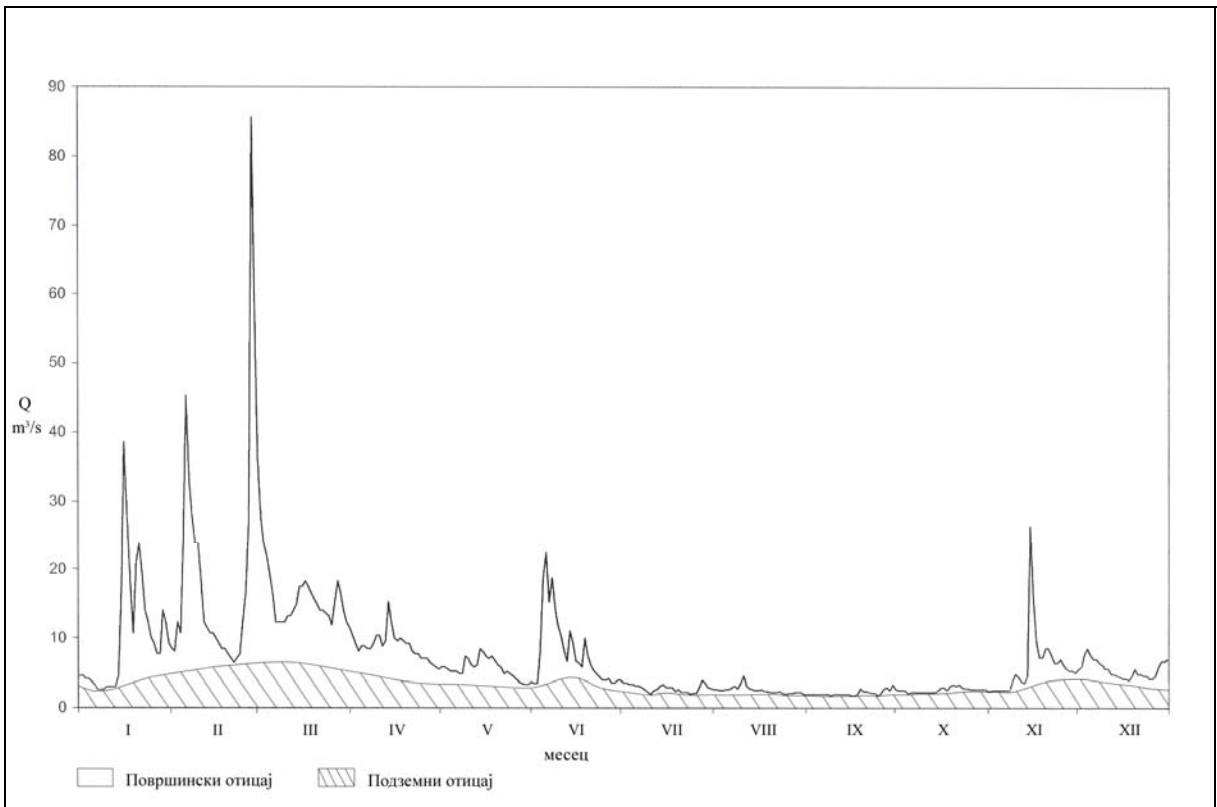
Слика 85– Хидрограм Трговишког Тимока код Штрпца за маловодну 2000. годину



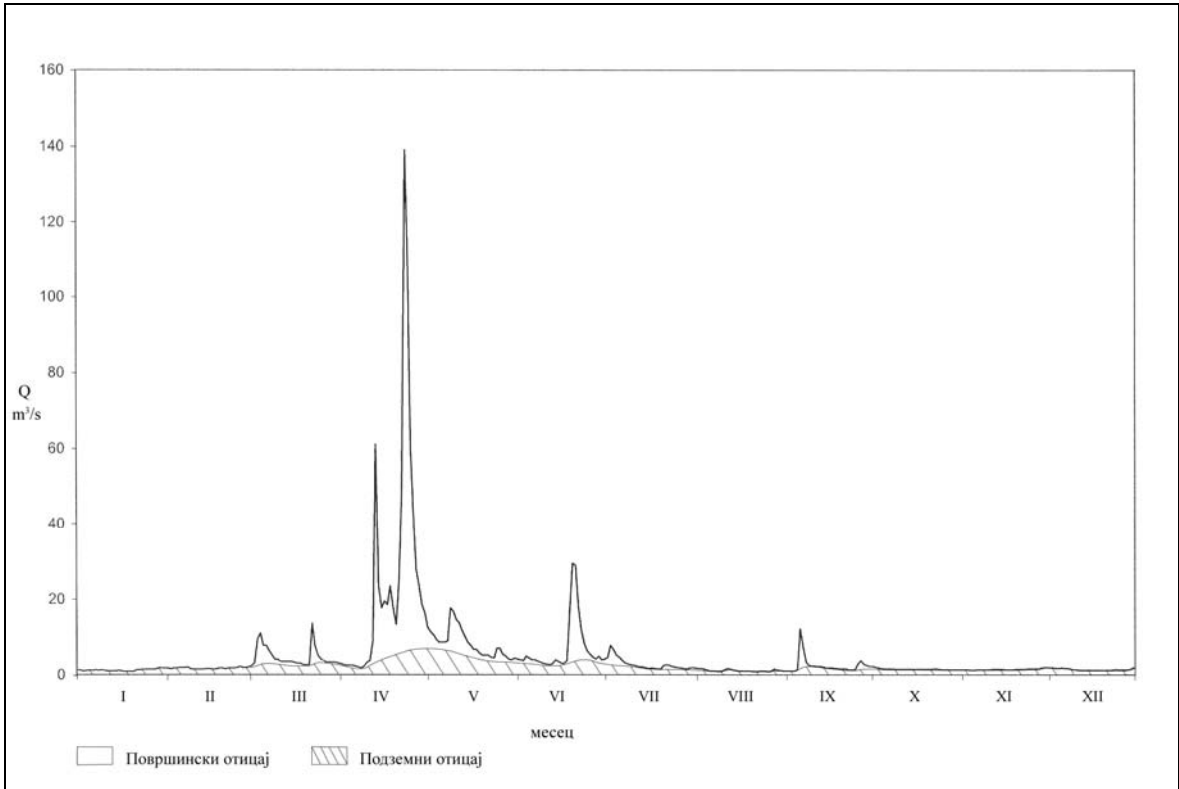
Слика 86 – Хидрограм Трговишког Тимока код Штрпца за многоводну 2005. годину



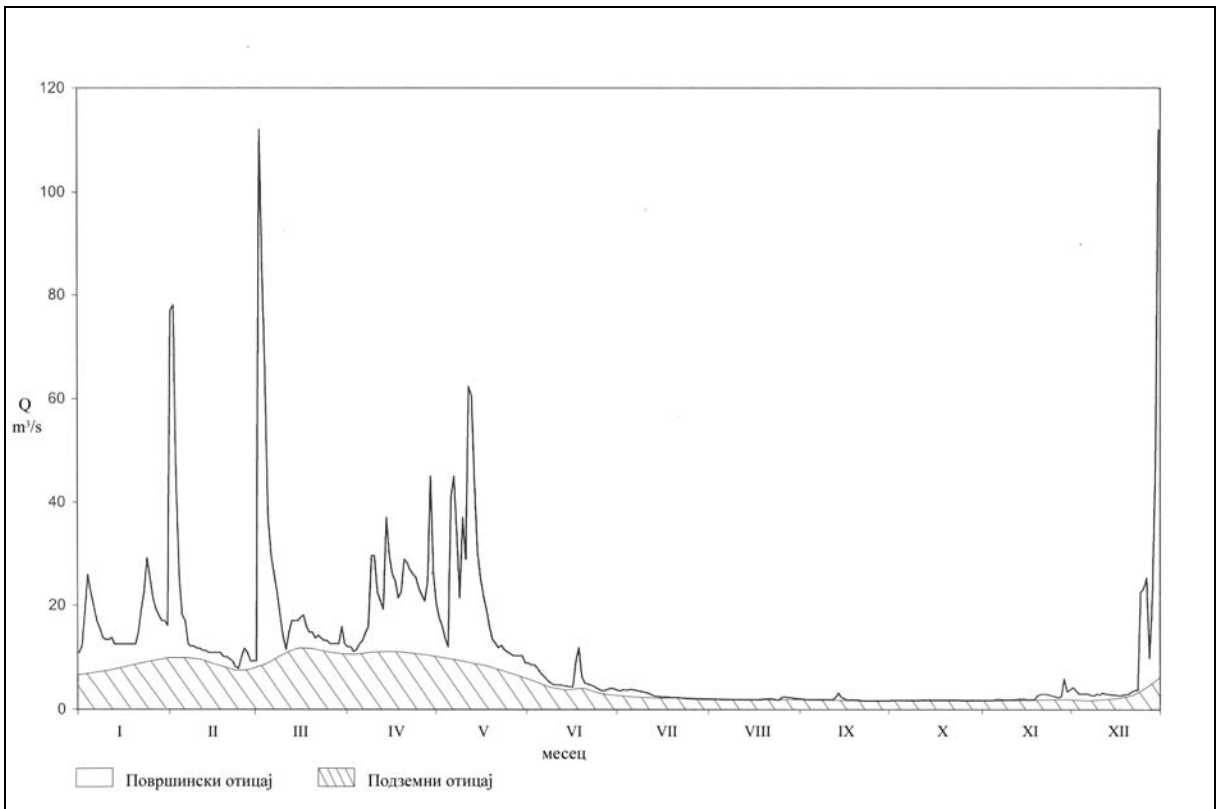
Слика 87 – Хидрограм Белог Тимока код Књажевца за средњеводну 1971. годину



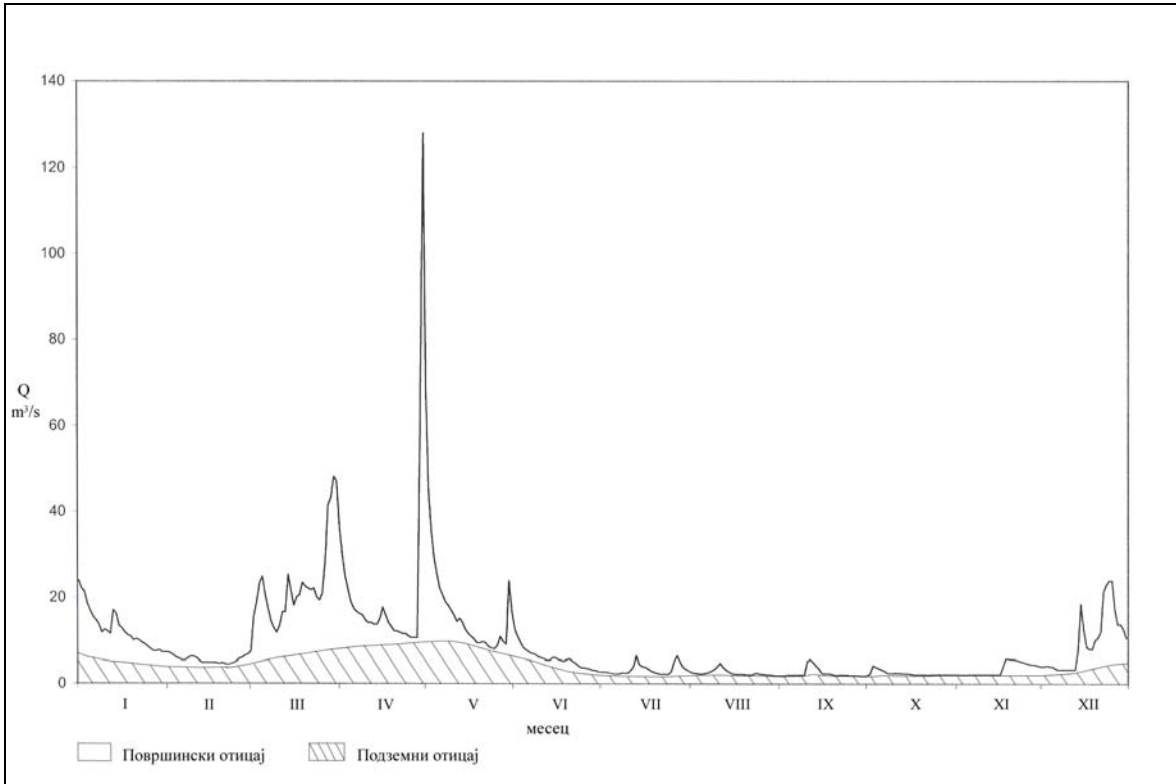
Слика 88 – Хидрограм Белог Тимока код Књажевца за средњеводну 2004. годину



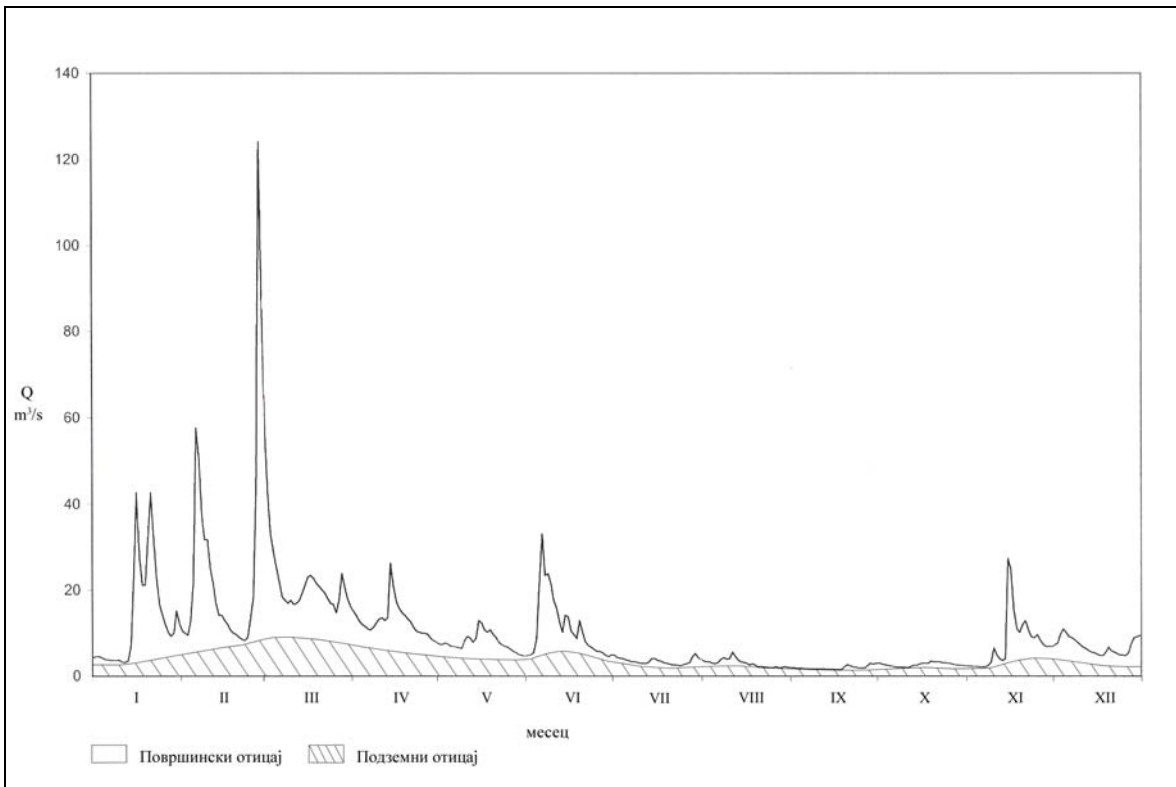
Слика 89 – Хидрограм Белог Тимока код Књажевца за маловодну 2001. годину



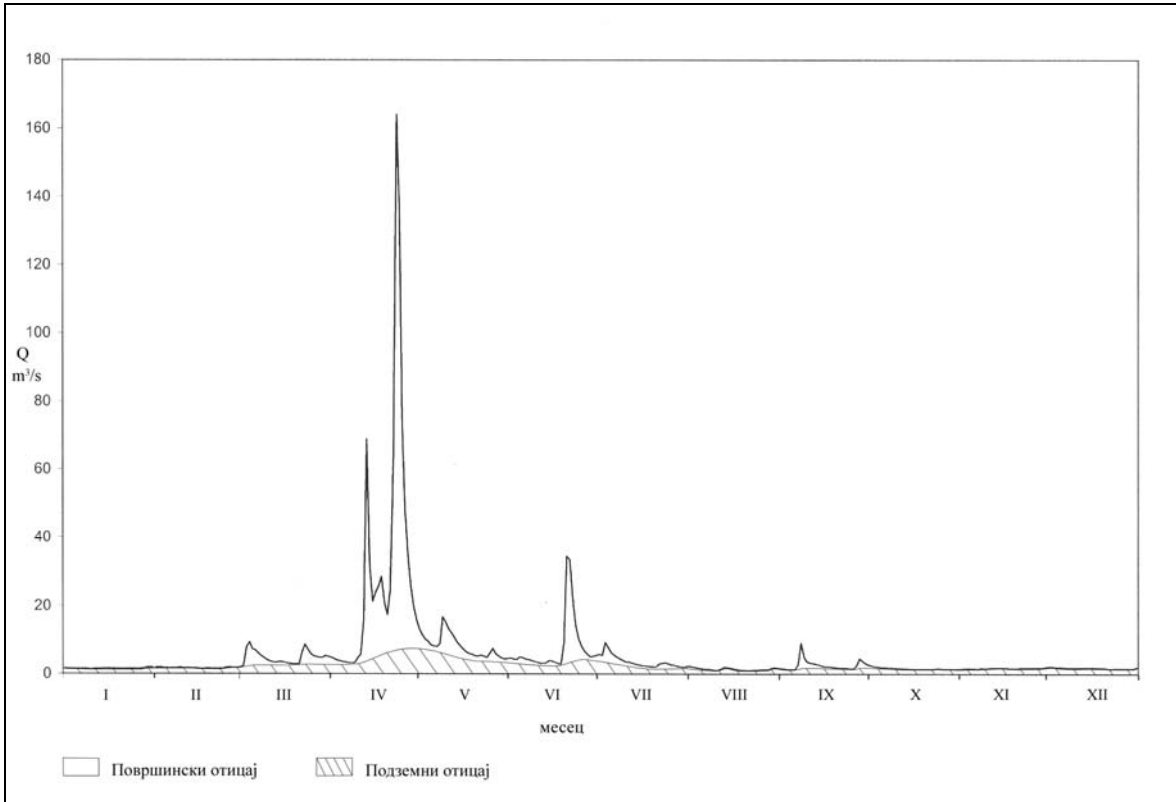
Слика 90 – Хидрограм Белог Тимока код Књажевца за многоводну 1965. годину



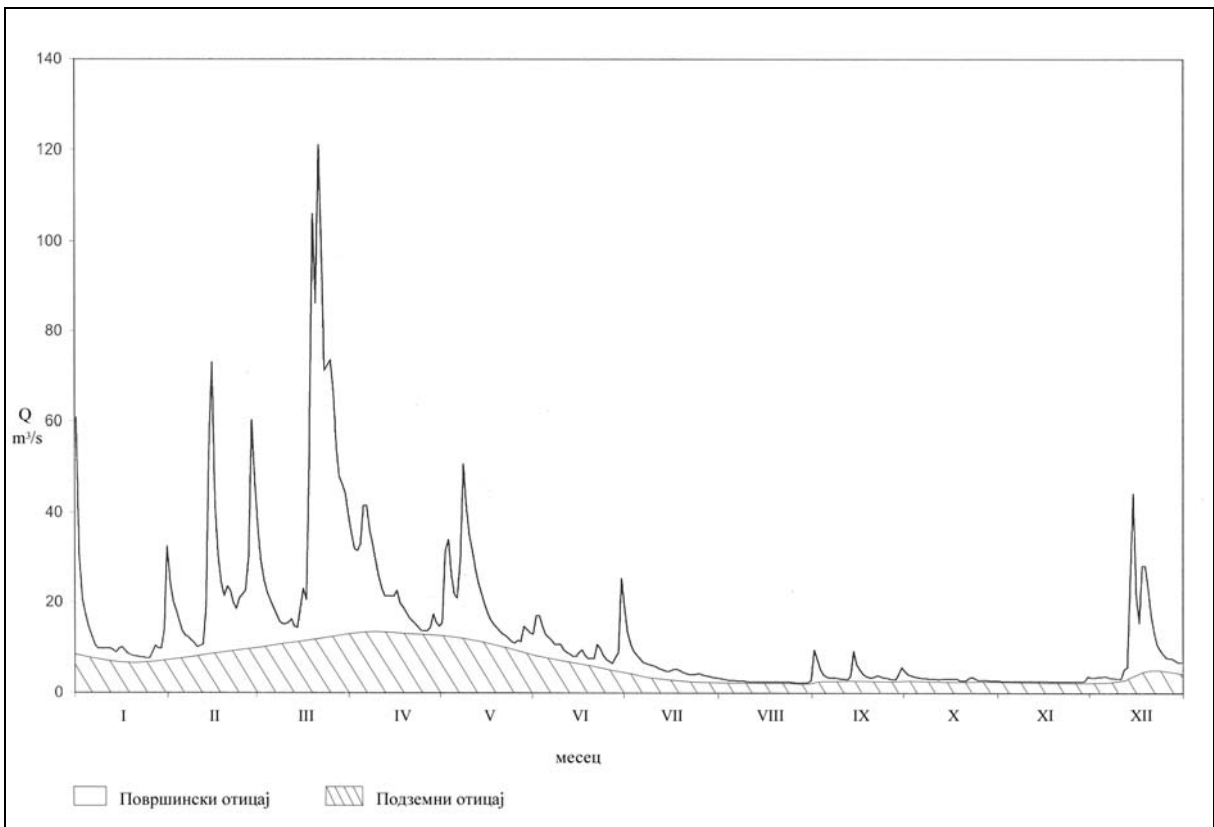
Слика 91 – Хидрограм Белог Тимока код Вратарнице за средњеводну 1982. годину



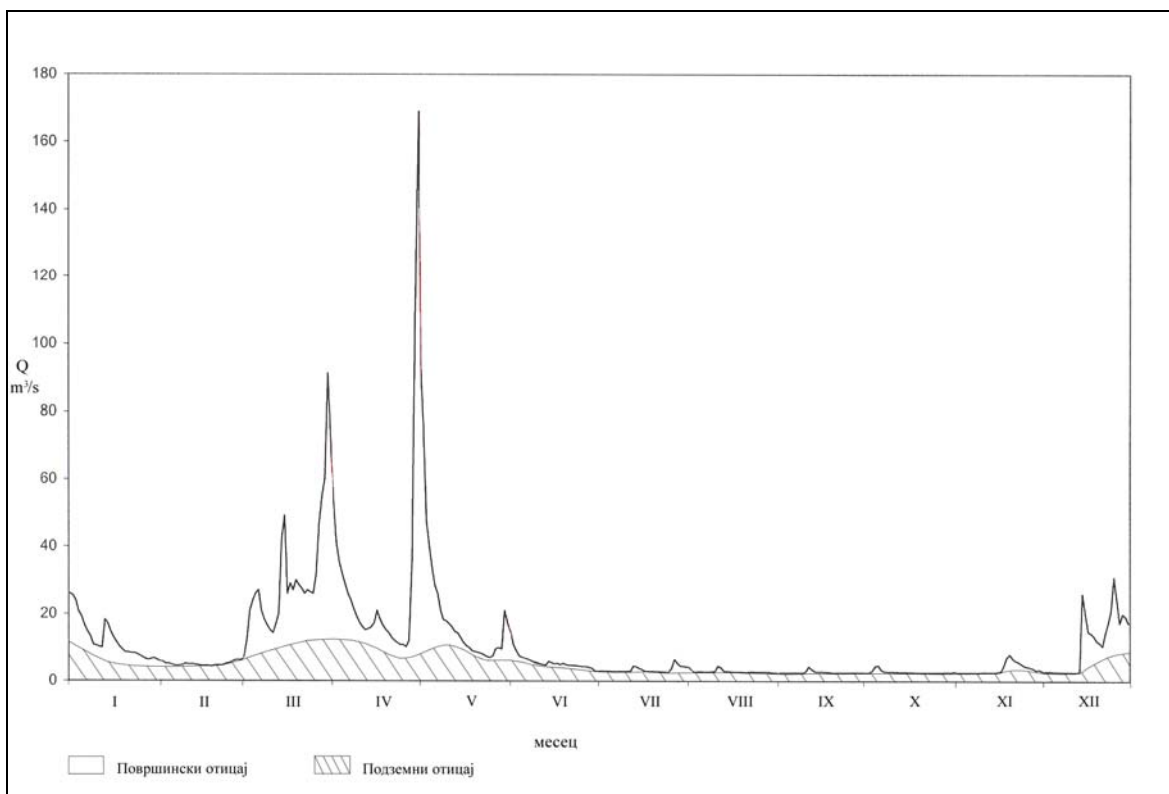
Слика 92 – Хидрограм Белог Тимока код Вратарнице за средњеводну 2004. годину



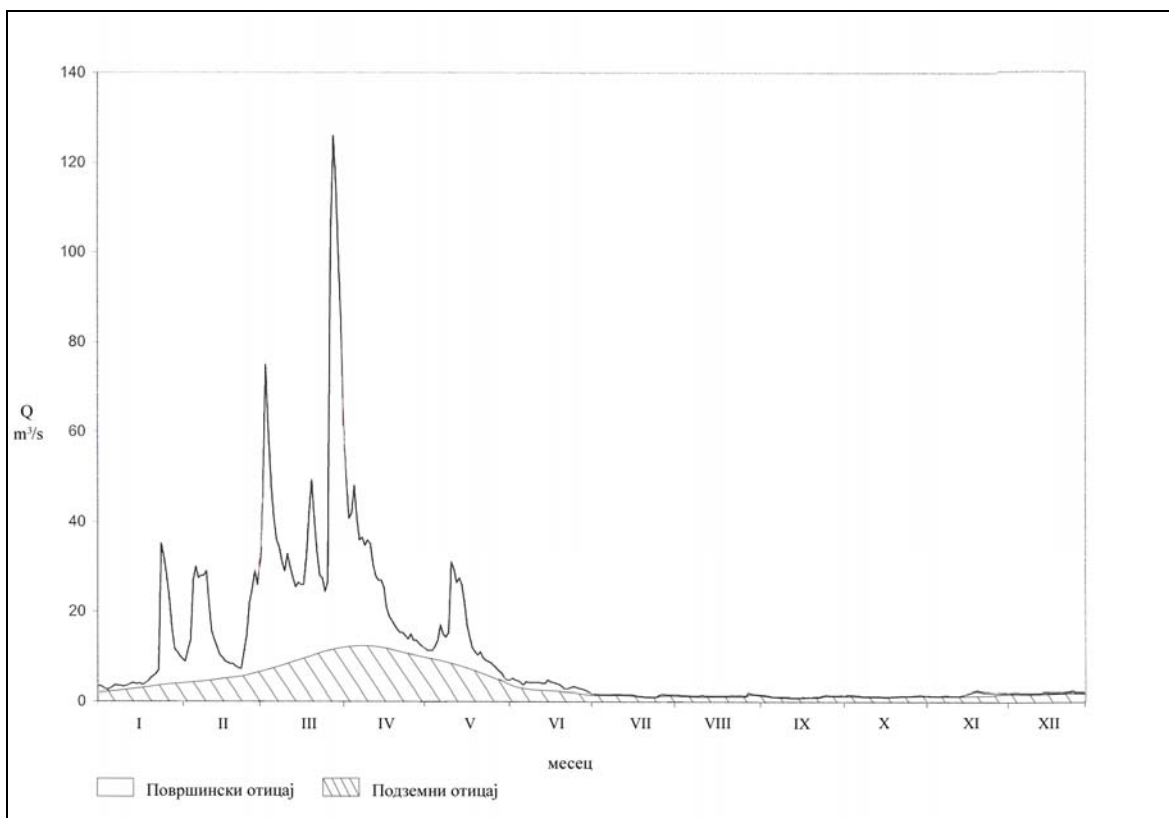
Слика 93 – Хидрограм Белог Тимока код Вратарнице за маловодну 2001. годину



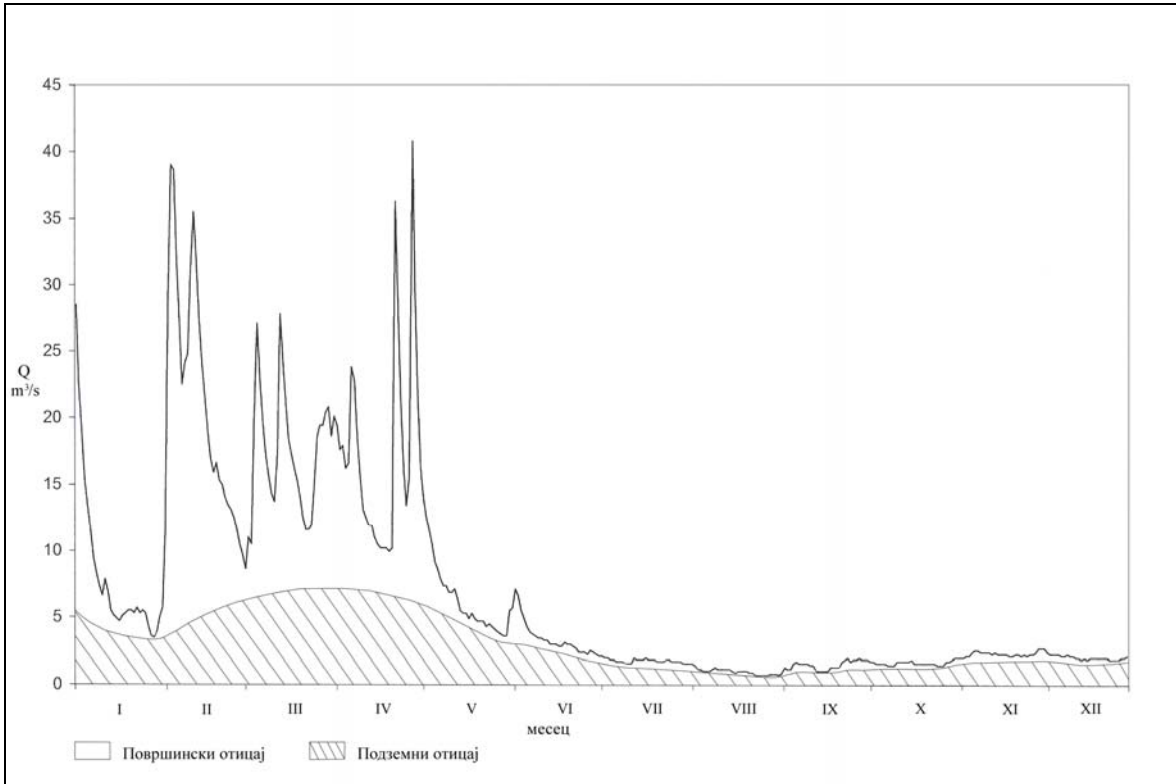
Слика 94 – Хидрограм Белог Тимока код Вратарнице за многоводну 1978. годину



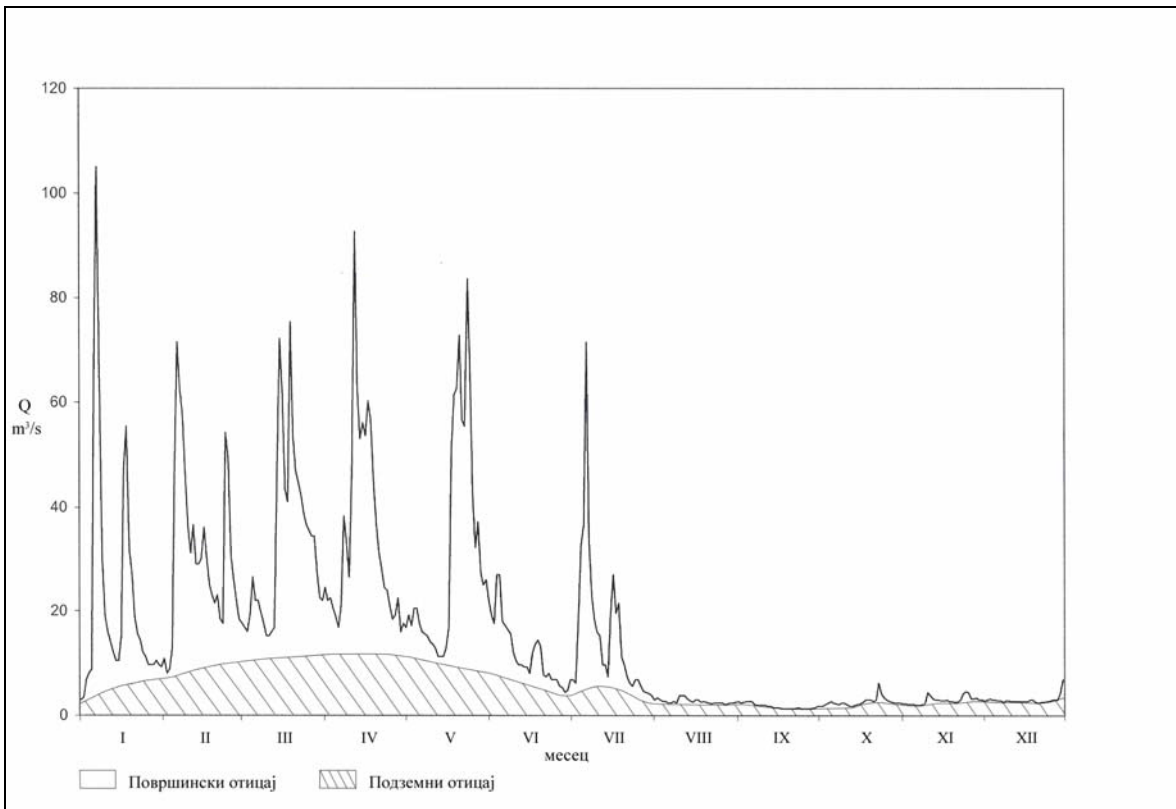
Слика 95 – Хидрограм Белог Тимока код Зајечара за средњеводну 1982. годину



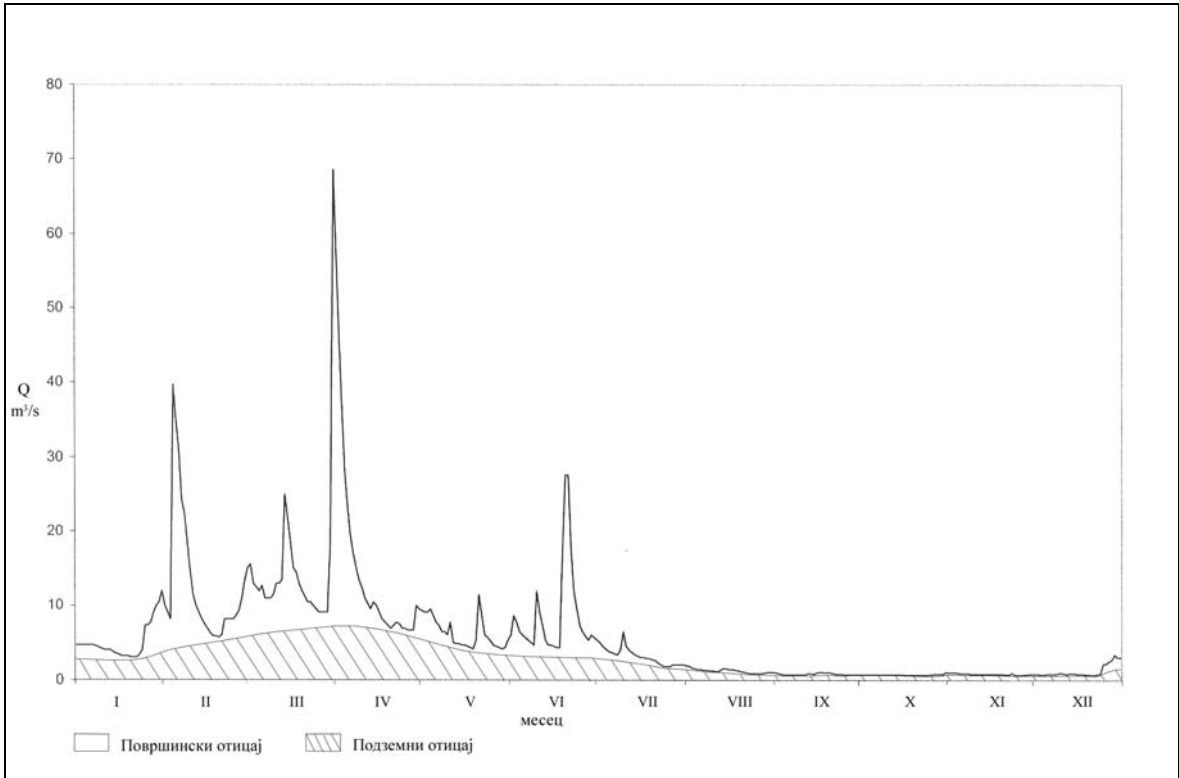
Слика 96 – Хидрограм Белог Тимока код Зајечара за средњеводну 1984. годину



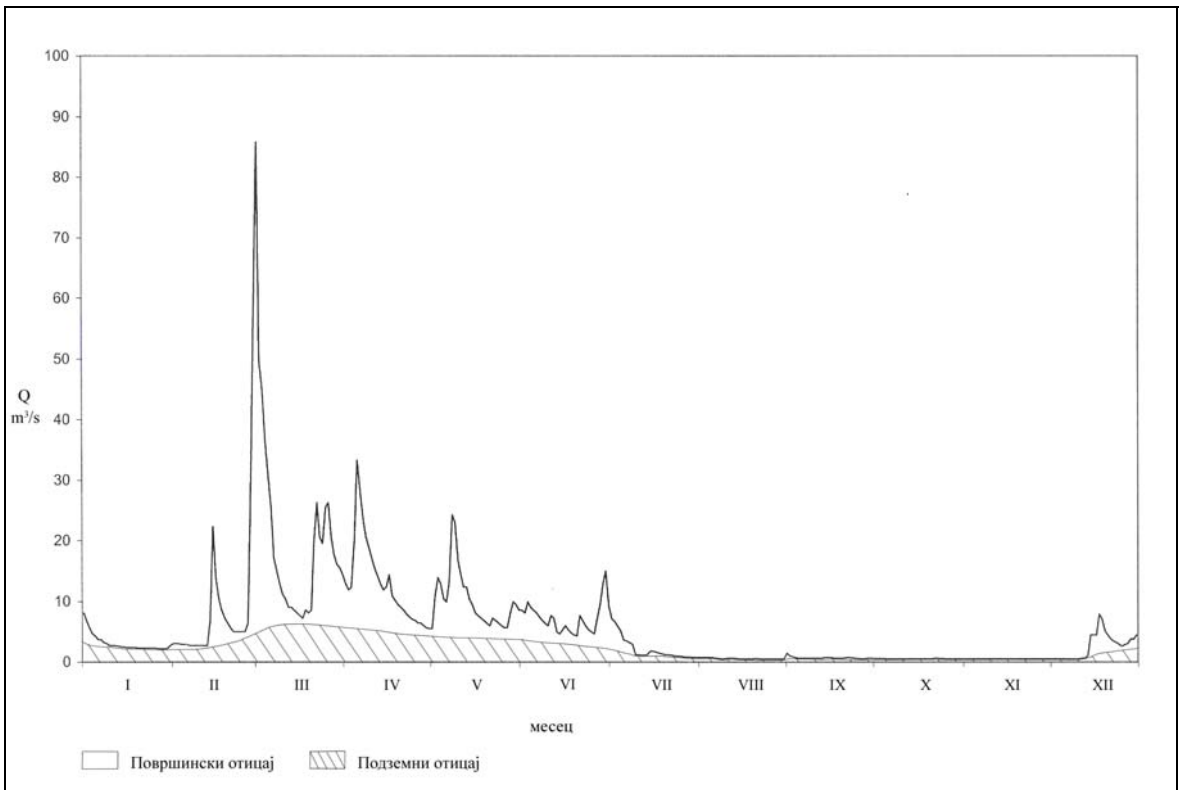
Слика 97 – Хидрограм Белог Тимока код Зајечара за маловодну 2000. годину



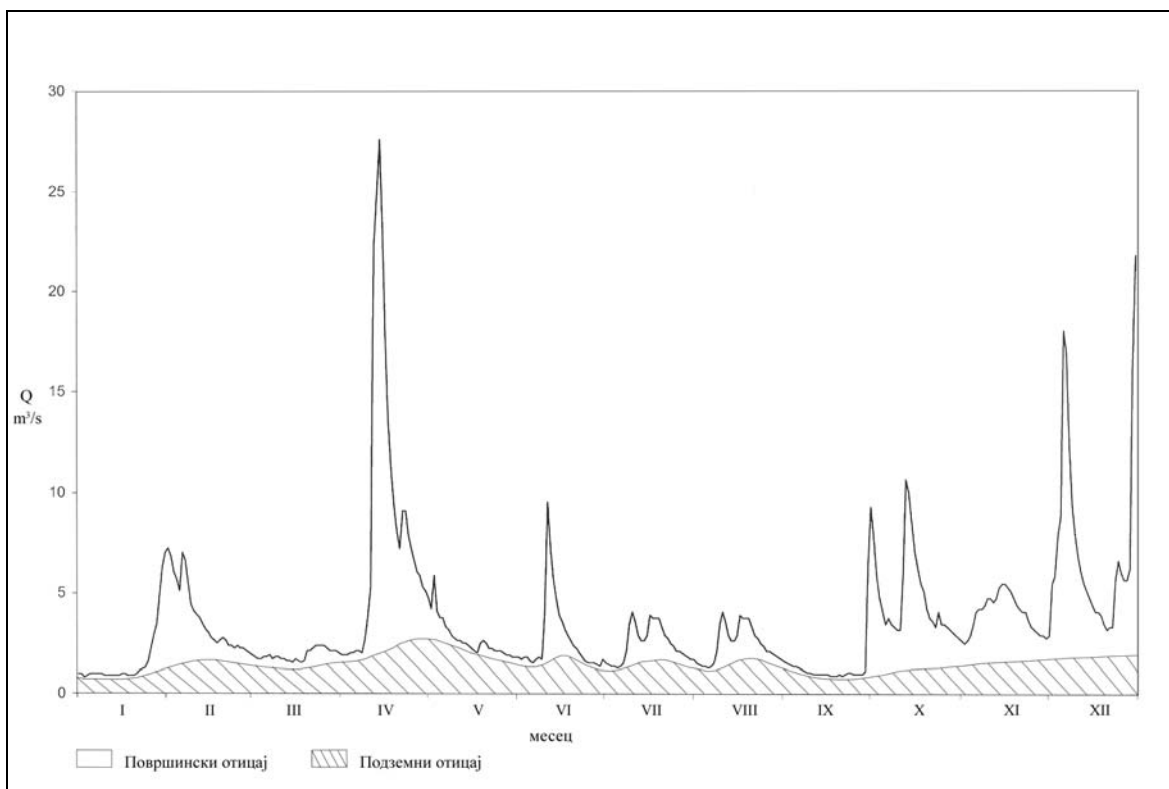
Слика 98 – Хидрограм Белог Тимока код Зајечара за многоводну 1970. годину



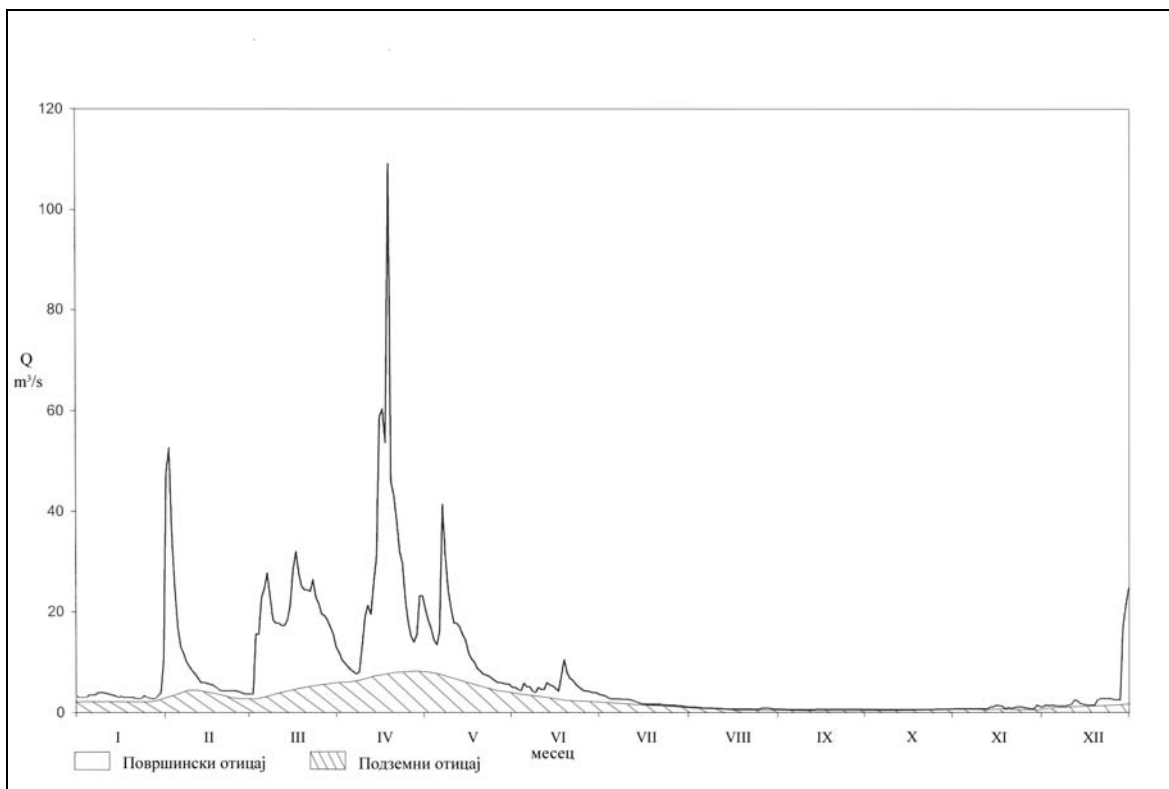
Слика 99 – Хидрограм Црног Тимока код Боговине за средњеводну 1967. годину



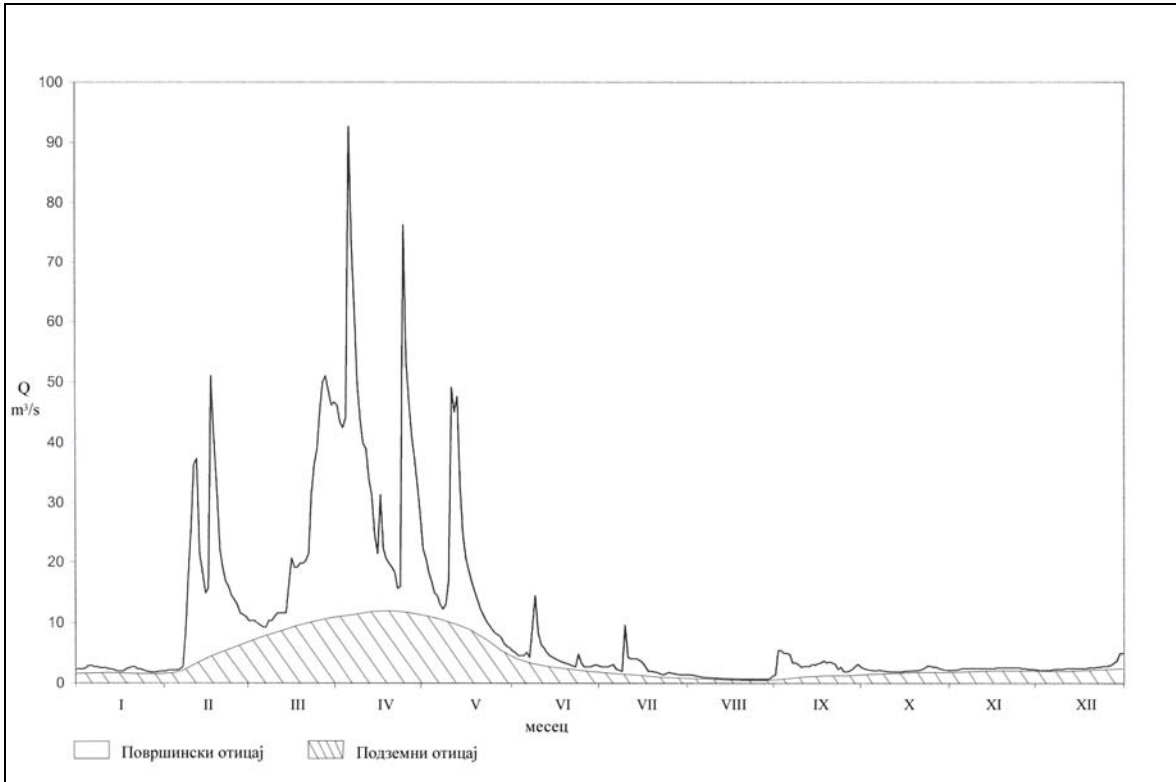
Слика 100 – Хидрограм Црног Тимока код Боговине за средњеводну 1978. годину



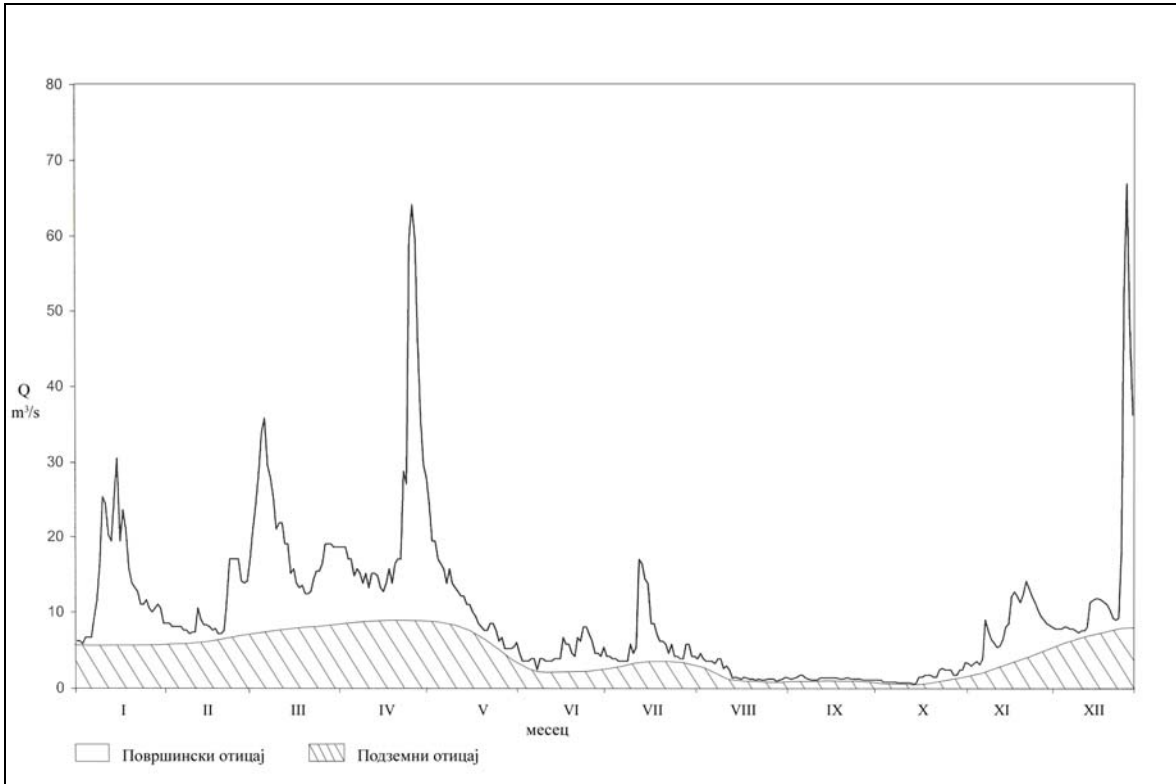
Слика 101 – Хидрограм Црног Тимока код Боговине за маловодну 2002. годину



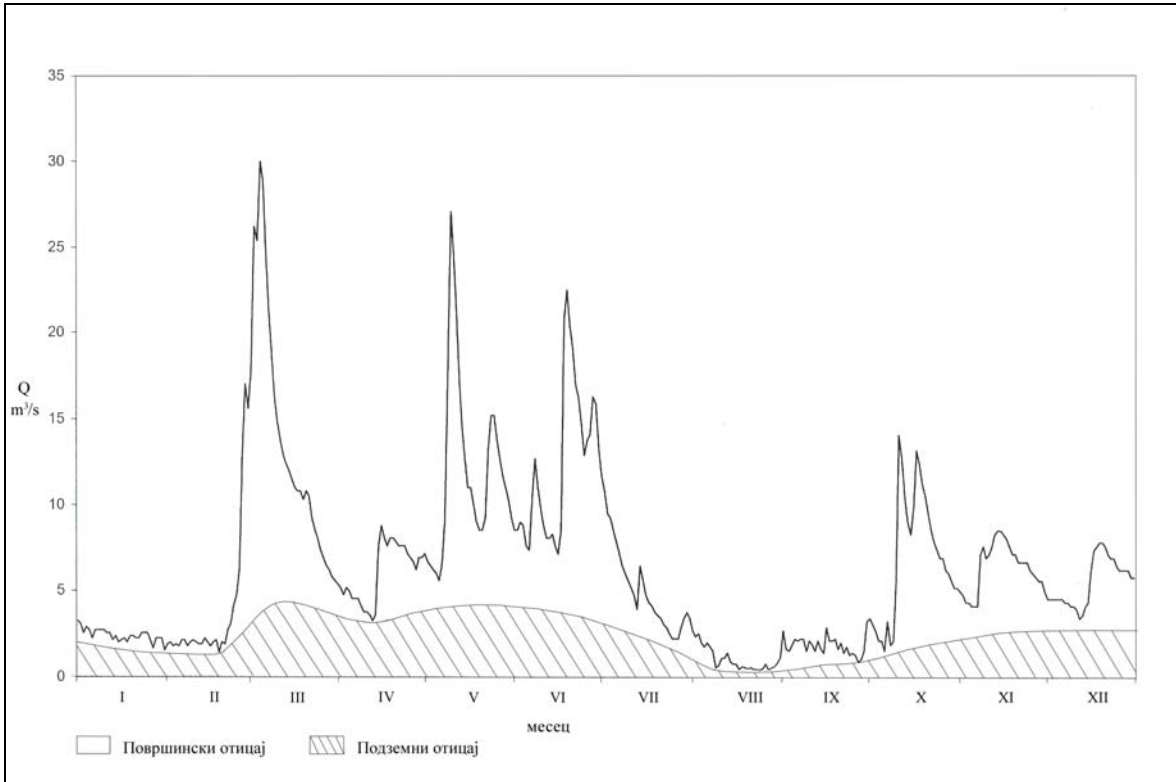
Слика 102 – Хидрограм Црног Тимока код Боговине за многоводну 1965. годину



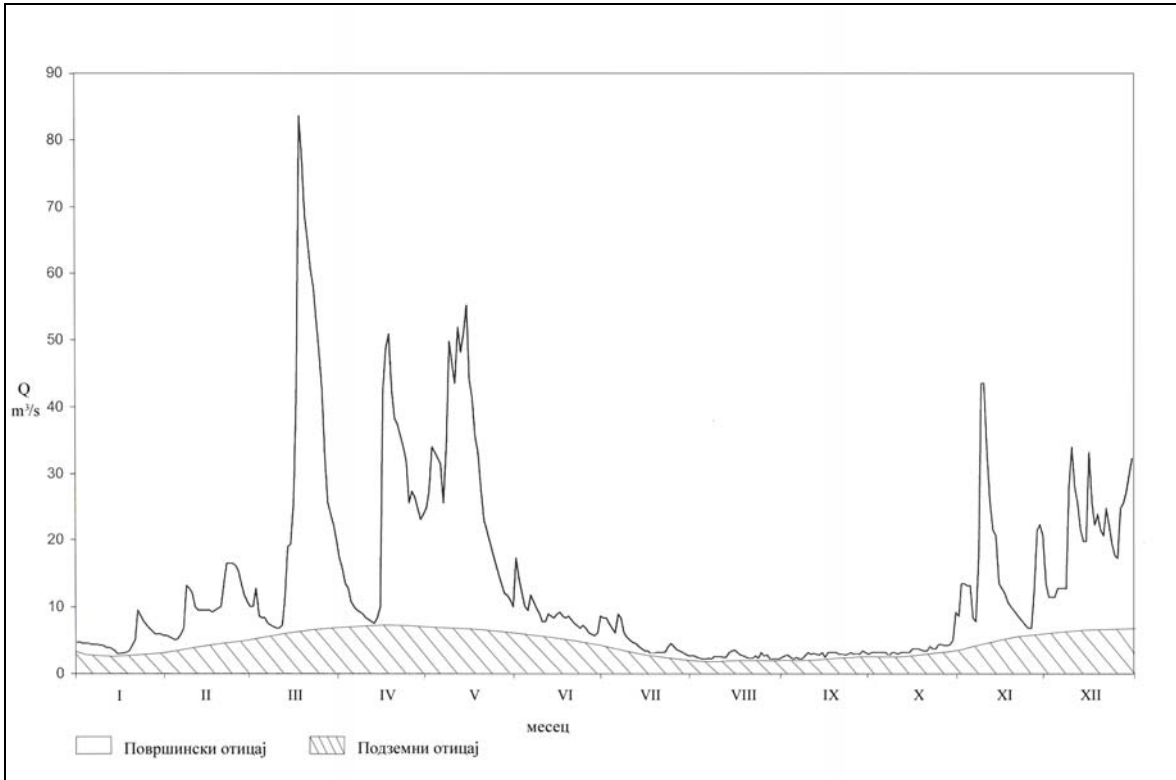
Слика 103 – Хидрограм Црног Тимока код Гамзиграда за средњеводну 1973. годину



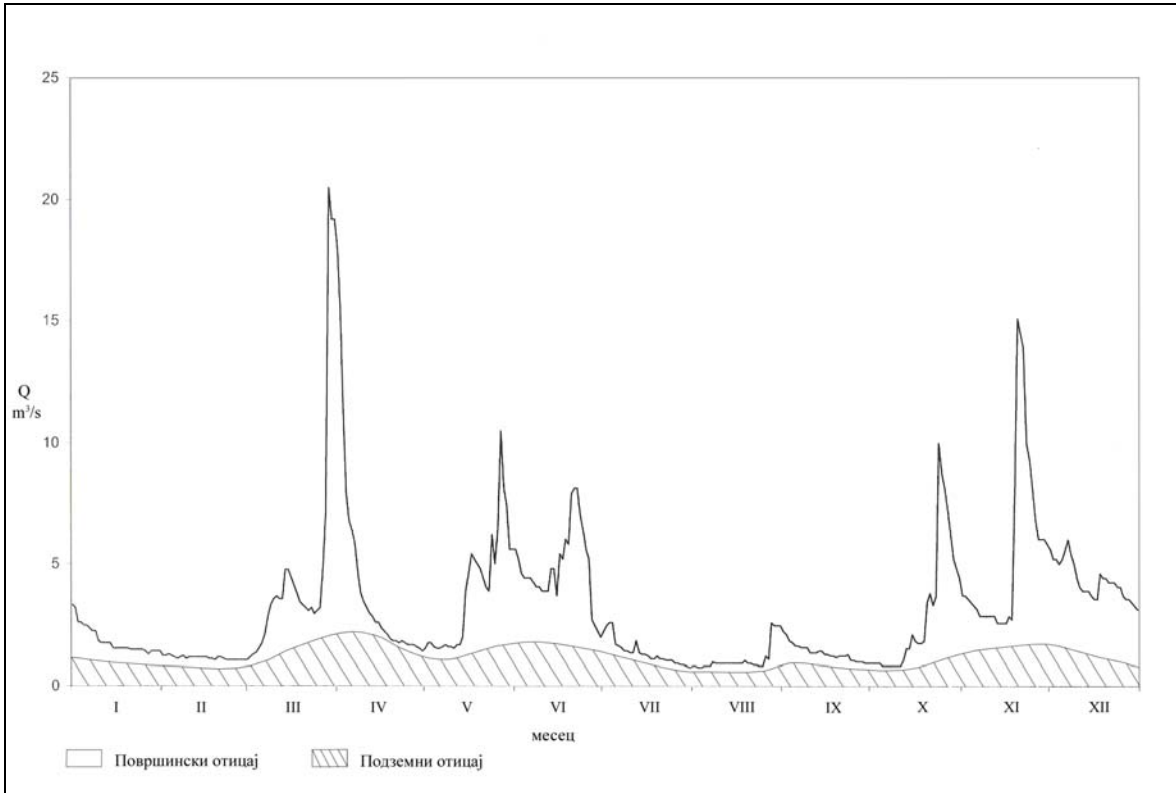
Слика 104 – Хидрограм Црног Тимока код Гамзиграда за средњеводну 1999. годину



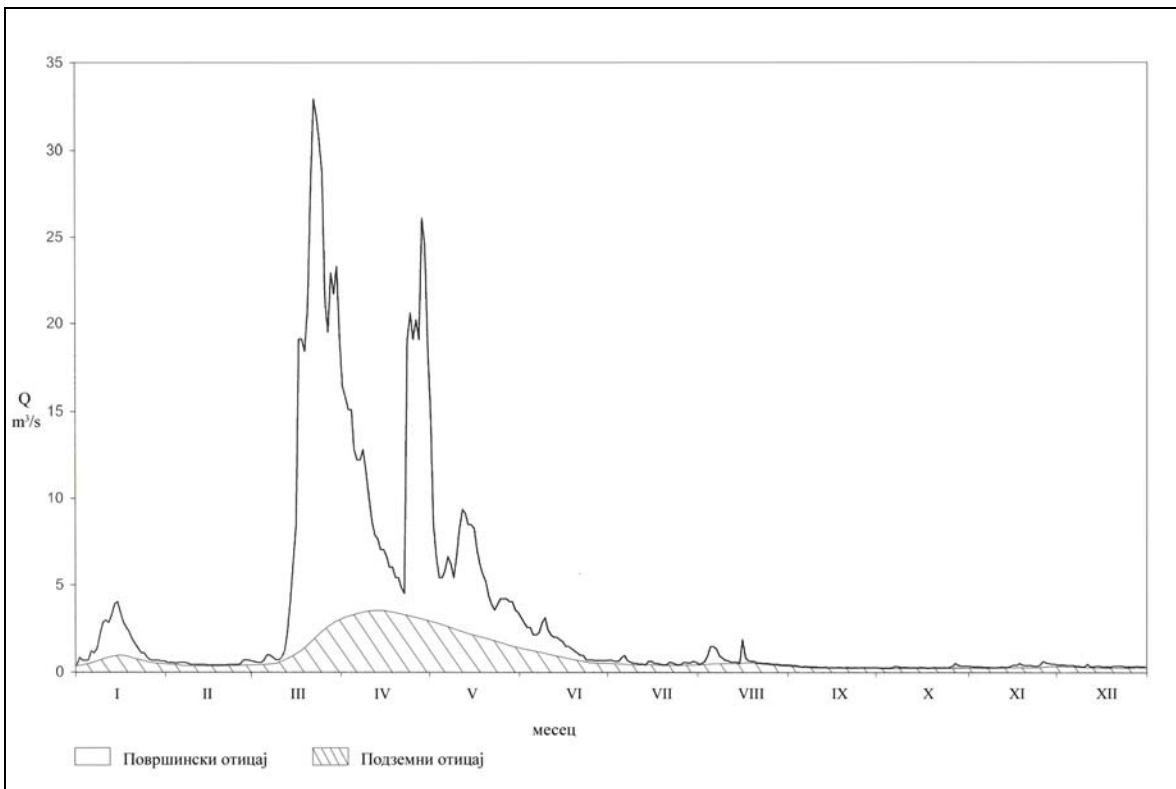
Слика 105 – Хидрограм Црног Тимока код Гамзиграда за маловодну 1989. годину



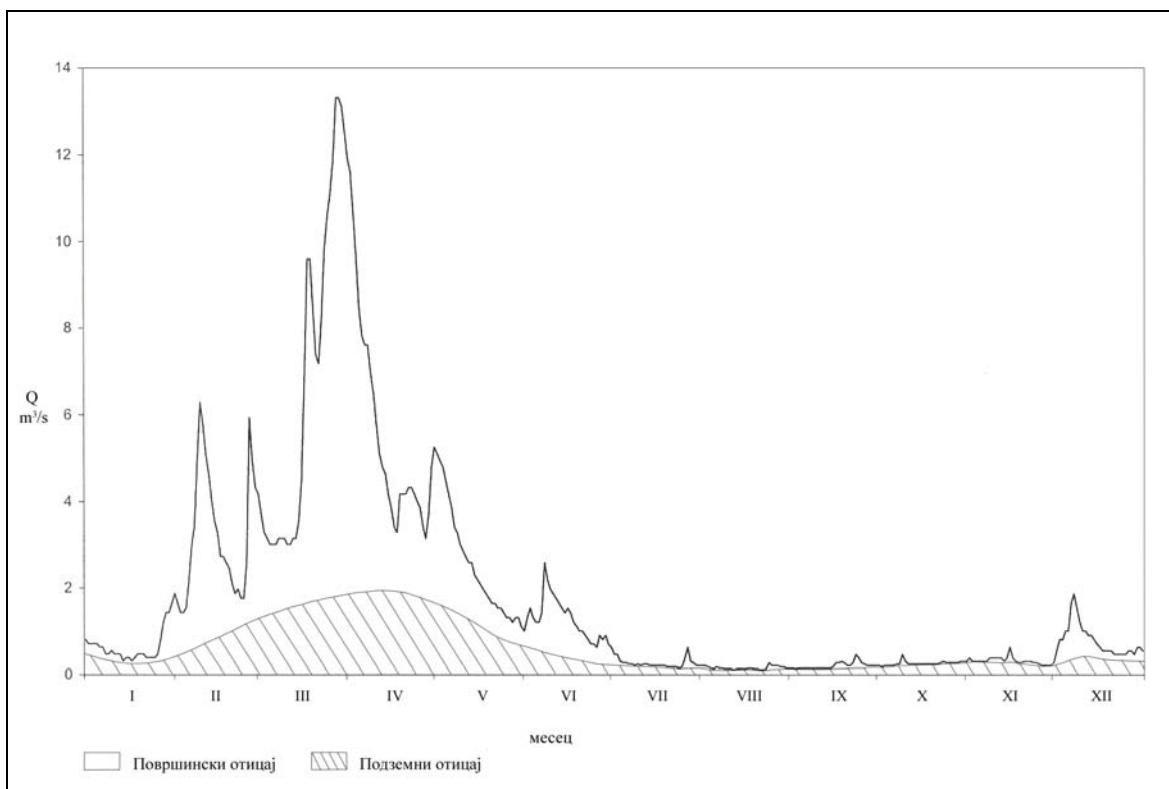
Слика 106 – Хидрограм Црног Тимока код Гамзиграда за многоводну 1974. годину



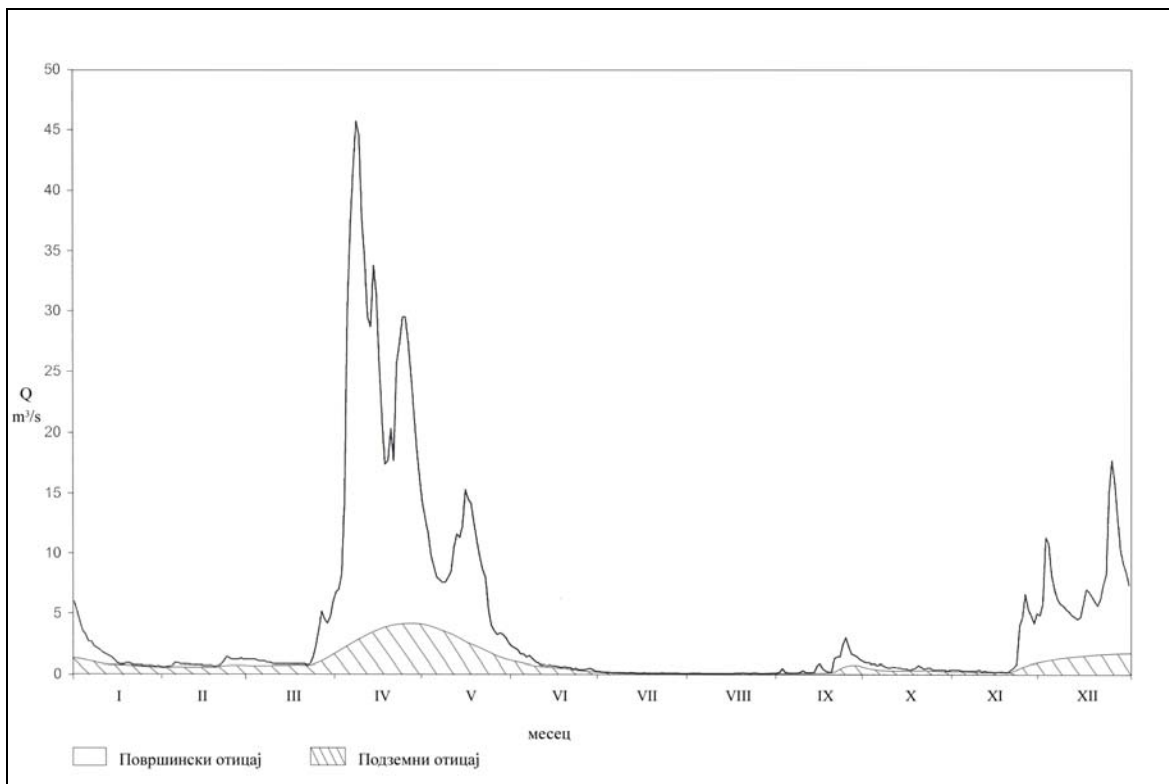
Слика 107 – Хидрограм Злотске реке код Злота за средњеоводну 1975. годину



Слика 108 – Хидрограм Злотске реке код Злота за средњеоводну 1991. годину



Слика 109 – Хидрограм Злотске реке код Злота за маловодну 1988. годину



Слика 110 – Хидрограм Злотске реке код Злота за многоводну 1996. годину

Најчешћа контрола укупног отицања у неком речном систему врши се сумирањем протицаја главног тока и његових притока, при чему се узимају у обзир и друге анализе, нарочито оне које могу битно утицати на његову промену дуж тока. Такав исти однос мора бити заступљен и код разматрања површинског и подземног отицаја (Оцокољић, 1971).

Према резултатима датим у табели 58 види се да је сума средњегодишњег површинског отицаја Црног Тимока код Боговине, и Злотске реке код Злота, $5,34 \text{ m}^3/\text{s}$, односно 88,7% површинског отицаја Црног Тимока код Гамзиграда. Приближно исти удео је заступљен и код укупног протицаја (86,7%). Средњи површински отицај Белог Тимока у Књажевцу је $4,18 \text{ m}^3/\text{s}$, а у Вратарници $5,32 \text{ m}^3/\text{s}$, односно Бели Тимок код Књажевца даје 78,6% површинског отицаја Белог Тимока код Вратарнице. Приближно исти удео је заступљен и код укупног протицаја (81,4%).

Према добијеним резултатима приказаним у табелама 58 и 59, са слива Белог Тимока отиче просечно $11,46 \text{ m}^3/\text{s}$, од тога на подземни отицај одлази $4,85 \text{ m}^3/\text{s}$ (42,3%), а $6,61 \text{ m}^3/\text{s}$ (57,7%) на површински. У анализираном периоду, са слива Црног Тимока отиче просечно $10,10 \text{ m}^3/\text{s}$, од тога на подземни отицај одлази $4,08 \text{ m}^3/\text{s}$ (40,4%), а $6,02 \text{ m}^3/\text{s}$ (59,6%) на површински. У појединим деловима ових сливова однос између површинског и подземног отицања је неповољнији. Подземни отицај смањује се на рачун површинског, због чега се примећује смањење воде преко лета и јесени, а повећање током пролећа или зиме. Такви предели заступљени су у сливу Злотске реке, највеће притоке Црног Тимока, а затим у сливу Трговишког Тимока. Према приказаним подацима Злотска река код Злота има површински отицај од $2,04 \text{ m}^3/\text{s}$, који је 2,1 пута већи од подземног. У осталим деловима слива Црног и Белог Тимока, захваљујући очувању шума и донекле ненарушеном режиму утицајем човека, задржало се равномерно отицање, па су односи између површинског и подземног отицаја повољнији.

Табела 58 – Просечни површински и подземни отицај у m^3/s (1961–2005. година)

Станица	Река	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Год.
		Површински отицај												
Ргоште	Сврљишки Т.	2,16	3,31	4,13	3,52	2,26	1,36	0,43	0,22	0,17	0,37	0,65	1,67	1,67
Штрбац	Трговишки Т.	2,47	5,23	6,39	6,55	1,85	2,22	1,05	0,46	0,48	0,77	1,49	1,93	2,60
Књажевац	Бели Тимок	4,39	8,00	10,47	9,95	6,39	3,36	0,57	0,22	0,35	0,12	1,26	3,28	4,18
Вратарница	Бели Тимок	5,45	10,2	13,89	12,68	6,56	4,05	1,51	0,23	0,68	0,37	2,68	4,57	5,32
Зајечар	Бели Тимок	6,78	13,48	16,95	14,78	9,26	3,47	2,51	0,06	0,40	0,32	1,17	2,58	6,61
Злот	Злотска река	1,18	2,47	5,60	6,71	2,50	1,48	0,24	0,18	0,20	0,61	1,14	1,72	2,04
Боговина	Црни Тимок	1,56	5,63	9,71	9,97	3,45	2,18	0,77	0,38	0,16	1,15	1,56	3,42	3,30
Гамзиград	Црни Тимок	4,22	8,35	16,87	16,21	8,48	4,45	1,79	0,57	0,87	2,13	3,39	4,84	6,02
		Подземни отицај												
Ргоште	Сврљишки Т.	1,79	2,27	3,08	2,42	2,34	1,47	1,07	0,60	0,66	0,84	0,80	1,08	1,55
Штрбац	Трговишки Т.	1,85	2,42	3,01	2,87	2,04	2,17	0,94	0,71	0,66	0,87	1,44	2,05	1,73
Књажевац	Бели Тимок	3,19	4,60	5,76	6,60	5,85	4,16	2,83	1,99	1,98	2,78	2,68	3,27	3,66
Вратарница	Бели Тимок	4,08	5,76	6,63	8,01	7,71	5,08	2,77	2,33	1,86	3,02	2,13	3,29	4,31
Зајечар	Бели Тимок	4,47	5,34	8,08	10,02	8,17	6,70	2,32	2,84	2,67	3,80	4,68	6,67	4,85
Злот	Злотска река	1,16	1,57	1,67	2,31	1,46	0,90	0,71	0,31	0,34	0,45	0,58	0,68	0,98
Боговина	Црни Тимок	3,62	3,29	4,43	4,98	4,38	1,94	1,25	0,66	0,84	0,56	1,42	1,52	2,44
Гамзиград	Црни Тимок	4,98	6,23	7,98	9,89	5,17	3,10	1,81	1,34	1,17	1,36	2,18	3,80	4,08

Табела 59 – Просечни површински и подземни отицај у % од укупног месечног и годишњег отицања (1961–2005. година)

Станица	Река	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	% од укупног год.
		Површински отицај												
Ргоште	Сврљишки Т.	54,6	59,4	57,3	59,3	49,2	48,0	28,4	26,8	20,7	30,6	44,5	60,8	51,9
Штрбац	Трговишки Т.	57,1	68,4	68,0	69,5	47,5	50,6	52,6	39,6	42,2	46,7	50,8	48,5	60,0
Књажевац	Бели Тимок	57,9	63,5	64,5	60,1	52,2	44,7	16,7	9,9	15,1	4,1	31,9	50,1	53,4
Вратарница	Бели Тимок	57,2	63,9	67,7	61,3	46	44,4	35,2	9,1	26,8	10,9	55,8	58,1	55,3
Зајечар	Бели Тимок	60,3	71,6	67,7	59,6	53,1	34,1	51,9	2,0	13,0	7,7	20	27,9	57,7
Злот	Злотска река	50,3	61,1	77,0	74,4	63,1	62,1	25,3	35,9	36,9	57,2	66,4	71,7	67,7
Боговина	Црни Тимок	30,2	63,1	68,7	66,7	44,0	52,8	38,1	36,2	15,9	67,3	52,2	69,3	57,5
Гамзиград	Црни Тимок	45,9	57,3	67,9	62,1	62,1	58,9	49,8	29,6	42,5	61,0	60,8	56,0	59,6
		Подземни отицај												
Ргоште	Сврљишки Т.	45,4	40,6	42,7	40,7	50,8	52,0	71,6	73,2	79,3	69,4	55,5	39,2	48,1
Штрбац	Трговишки Т.	42,9	31,6	32,0	30,5	52,5	49,4	47,4	60,4	57,8	53,3	49,2	51,5	40,0
Књажевац	Бели Тимок	42,1	36,5	35,5	39,9	47,8	55,3	83,3	90,1	84,9	95,9	68,1	49,9	46,6
Вратарница	Бели Тимок	42,8	36,1	32,3	38,7	54,0	55,6	64,8	90,9	73,2	89,1	44,2	41,9	44,7
Зајечар	Бели Тимок	39,7	28,4	32,3	40,4	46,9	65,9	48,1	98,0	87,0	92,3	80	72,1	42,3
Злот	Злотска река	49,7	38,9	23,0	25,6	36,9	37,9	74,7	64,1	63,1	42,8	33,6	28,3	32,3
Боговина	Црни Тимок	69,8	36,9	31,3	33,3	56,0	47,2	61,9	63,8	84,1	32,7	47,8	30,7	42,5
Гамзиград	Црни Тимок	54,1	42,7	32,1	37,9	37,9	41,1	50,2	70,4	57,5	39,0	39,2	44,0	40,4

Сврљишки Тимок има 48,1% подземног, а 51,9% површинског отицаја. Бели Тимок на свом почетку има подземни отицај од 46,6%, а у Зајечару 42,3%. У сливу Црног Тимока, од укупног отицаја, на подземни одлази 42,5% код Боговине и 40,4% код Гамзиграда. Резултати указују да смањењем површине и повећањем надморске висине слива, односи између површинског и подземног отицаја јесу све повољнији.

Распоред отицања у току године по месецима и сезонама врло је неуједначен. Највише воде отиче и површинским и подземним путем у пролеће, у марту и априлу, а најмање у лето и јесен, у августу, септембру и октобру. Најмањи подземни отицај у Зајечару је у јулу. Међутим, у односу на укупно отицање, подземни отицај је највећи у лето и јесен, а најмањи у зиму и пролеће, док је код површинског отицаја обрнуто.

На обрађеним профилима у сливу Црног Тимока, реке почињу у јулу да добијају више воде подземним путем него површинским. Тај однос траје до октобра када поново површински отицај постаје већи од подземног. У сливу Белог Тимока, јуни је означен као месец у којем реке почињу добити више воде подземним путем него површинским. Изузетак је профил Штрбац, на којем се однос отицаја мења од августа. Тај однос траје све до позне јесени, када се поново успоставља равнотежа између обе компоненте отицања, односно површински отицај је већи од подземног.

На распоред површинског и подземног отицања највише утичу физичко-географски чиниоци режима, рељеф, разноврсна вегетација и неједнак геолошки састав слива. Тако је утврђено да се са порастом надморске висине слива, подземни отицај повећава на рачун површинског. Повећањем пољопривредних површина, применом разних агротехничких мера, сталном сечом шума и другим утицајима човека, површински отицај се повећава у односу на подземни.

7.2. Водни биланс слива Сврљишког Тимока

На слив Сврљишког Тимока у току године у просеку се излучи 694 mm атмосферског талога. Количина падавина је неравномерно распоређена по месецима и годишњим добима. Највише падавина излучи се у току пролећа, 187 mm (26,9% годишње суме падавина). Јун је месец са највећом количином падавина 72,8 mm (10,5% годишње суме падавина), а октобар са најмањом 45,4 mm (6,5% годишње суме падавина).

Од поменуте количине падавина са слива у просеку годишње отиче 164,1 mm или 23,6%. Овако мало отицање условила су физичко-географска својства слива. Највеће укупно отицање је у марту (31,3 mm или 19,1% годишњег отицаја и 60,3% падавина тог месеца). Најмање укупно отицање је у септембру (3,4 mm или 2,1% годишњег отицања, односно 6,2% количине падавина истог месеца). Од укупне суме воде која са слива Сврљишког Тимока отиче у току године, на подземни отицај отпада 78,9 mm (48,1%). Од падавина које се излучују на слив подземно отиче само око 11,4%. Процентуално, подземно највише воде отиче (преко 70%) у најсувљим месецима: јулу, августу и септембру. Међутим, од падавина које се упијају у подлогу слива Сврљишког Тимока и представљају његову влагу у земљишту подземно отиче свега 13%. Ово је у ствари коефицијент храњења подземном водом (K_u). Коефицијент испаравања (K_e) у сливу је врло висок и износи 87%, док је коефицијент отицаја 23,6%.

Од укупне количине падавина испари 76,4%. Најмање испаравање је у марту, када је највећи протикај услед отапања снега нагомиланог у претходним месецима и количине кишних падавина у том месецу.

7.3. Водни биланс слива Трговишког Тимока

На слив Трговишког Тимока се у току године у просеку излучи 811,3 mm атмосферског талога. Јун је месец са највећом количином (102,1 mm или 12,6%), док је октобар са најмањом количином падавина (48,6 mm или 6% од годишње суме падавина).

Према табели 61 са површине слива Трговишког Тимока у просеку годишње отиче 364,4 mm или 44,9% од годишње суме падавина. Највећи отицај је у пролеће (72,6% падавина истог периода, односно 44,3% од годишње суме отицаја), док је најмањи у току јесени (11% од годишње суме отицаја или 22,3% падавина у том годишњем добу). Највећа сума отицаја је у марту (67,8 mm или 18,6% од годишње суме отицаја, односно веће је од количине падавина истог месеца), а најмања је у септембру (8,0 mm или 2,2% годишње суме отицаја, односно 12,9% падавина тог месеца).

Од поменуте суме годишњег отицаја, око 40% воде отиче подземно, а 60% отиче површински. Процентуално, површински највише воде отиче у априлу (69,5%), у време већих поплавних таласа који настају повећаним падавинама и отапањем снега. Подземно у процентима највише воде отиче у јесењим месецима, док количински подземно највише отиче у марту и априлу.

Са слива у току године испари око 446,9 mm, односно 55,1% од укупне количине падавина. Највећа количина испарења воде је у јуну (71,5 mm). Услед већ поменутих физичко-географских карактеристика слива, у марту са слива више отиче воде него што се у истом месецу излучи падавина (за око 10 mm). Овај вишак произилази из отопљеног снега који је на слив нападао у току зимских месеци, где се јавља привидно испаравање. Свакако да постоји испаравање у овом месецу, међутим оно се услед поменутог разлога не региструје и тако не улази у биланс.

У виду влаге у земљишту годишње учествује 592,7 mm (73%) атмосферских падавина. Око 24,6% воде која се јавља у виду влаге у земљишту учествује у храњењу водотока, а преосталих 75,4% учествује у испаравању. Највећи коефицијент испаравања јавља се у септембру (92,1%), а највећи коефицијент храњења водотока подземном водом је у марту.

Табела 60 – Компоненте водног биланса слива Сврљшиког Тимока

	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Год.
X (mm)	50,6	48,5	51,9	63,3	71,7	72,8	56,6	51,0	54,4	45,4	63,2	64,6	694,0
Y (mm)	17,1	22,6	31,3	24,9	19,9	11,9	6,4	3,5	3,4	5,3	6,0	11,8	164,1
S (mm)	9,3	13,4	17,9	14,8	9,8	5,7	1,8	0,9	0,7	1,6	2,7	7,2	85,2
U (mm)	7,8	9,2	13,4	10,1	10,1	6,2	4,6	2,6	2,7	3,7	3,3	4,6	78,9
Z (mm)	33,5	25,9	20,6	38,4	51,8	60,9	50,2	47,5	51,0	40,1	57,2	52,8	529,9
W (mm)	41,3	35,1	34,0	48,5	61,9	67,1	54,8	50,1	53,7	43,8	60,5	57,4	608,8
Ku	0,188	0,262	0,393	0,209	0,163	0,092	0,084	0,051	0,050	0,084	0,055	0,081	0,130
Ke	0,812	0,738	0,607	0,791	0,837	0,908	0,916	0,949	0,950	0,916	0,945	0,919	0,870
C	0,338	0,466	0,603	0,393	0,278	0,163	0,113	0,069	0,063	0,117	0,095	0,183	0,236

Табела 61 – Компоненте водног биланса слива Трговишког Тимока

	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Год.
X (mm)	58,7	55,7	57,5	78,0	87,0	102,1	62,0	59,8	62,0	48,6	70,2	69,7	811,3
Y (mm)	31,1	49,8	67,8	65,6	28,1	30,6	14,2	8,3	8,0	11,8	20,5	28,6	364,4
S (mm)	17,8	34,1	46,1	45,6	13,3	15,5	7,5	3,3	3,4	5,5	10,4	13,9	218,6
U (mm)	13,3	15,7	21,7	20,0	14,8	15,1	6,7	5,0	4,6	6,3	10,1	14,7	145,8
Z (mm)	27,6	5,9	-10,3	12,4	58,9	71,5	47,8	51,5	54,0	36,8	49,7	41,1	446,9
W (mm)	40,9	21,6	11,4	32,4	73,7	86,6	54,5	56,5	58,6	43,1	59,8	55,8	592,7
Ku	0,326	0,727	1,904	0,617	0,200	0,175	0,123	0,089	0,079	0,146	0,169	0,264	0,246
Ke	0,674	0,273	-0,904	0,383	0,800	0,825	0,877	0,911	0,921	0,854	0,831	0,736	0,754
C	0,530	0,894	1,179	0,841	0,323	0,300	0,229	0,139	0,129	0,243	0,292	0,410	0,449

7.4. Водни биланс Белог Тимока до профила Књажевац

На површину овог сектора слива Белог Тимока у просеку годишње падне 742,5 mm атмосферског талога. Са највећом количином падавина је месец јун (93,4 mm или 12,6% годишње суме), а са најмањом октобар (44,5 mm или 6% годишње суме). Од поменуте годишње суме падавина отиче 198,8 mm, што представља око 26,8% од укупне количине падавина. Преостала сума падавина, од 543,7 mm, испарава пре доласка у стални водоток или се током лета искористи за наводњавање обрадивих површина, или се на неки начин губи (евапотранспирација и др.).

Отицај је највећи у пролеће и износи 47,2% падавина овог периода. Количински највише воде отиче у марту (35,1 mm), а најмање у августу (4,8 mm). Однос најмањег према највећем отицају стоји у односу 1:7,3. Од годишње суме отицаја, на површински отицај отпада 53,4%, док се остатак од 46,6% односи на подземни отицај. Површински у просеку отекне 106,2 mm, а подземно 92,6 mm.

Са површине слива Белог Тимока овог сектора годишње испари 543,7 mm. Процентуално највеће испаравање падавина је у септембру (91,3%), а не у августу, услед тога што у септембру, поред стварног испаравања, има и привидног, односно у овом месецу веће количине падавина упије земљиште које је исушено дуготрајном летњом жегом.

У виду влаге, у земљишту се у току године налази 636,3 mm, а то је 85,7% годишње суме падавина. Највећи коефицијент подземног отицаја има месец март (41,7%), а најмањи месец септембар (7,5%).

7.5. Водни биланс Белог Тимока до профила Вратарница

На слив Белог Тимока до профила Вратарница у току године се излучи 732,9 mm атмосферске воде. Висина падавина смањује се у односу на слив Белог Тимока до профила Књажевац за око 10 mm. Најкишовитији је мај са 11,7%, а најсувљи октобар са 5,9% од годишње количине падавина.

Табела 62 – Компоненте водног биланса слива Белог Тимока до профила Књажевац

	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Год.
X (mm)	53,7	51,0	52,6	71,3	79,6	93,4	56,8	54,8	56,7	44,5	64,3	63,8	742,5
Y (mm)	16,3	24,4	35,1	34,5	26,5	15,8	7,2	4,8	4,9	6,2	8,3	14,2	198,8
S (mm)	9,4	15,5	22,6	20,7	13,8	7,1	1,2	0,5	0,7	0,3	2,6	7,1	106,2
U (mm)	6,9	8,9	12,5	13,8	12,7	8,7	6,0	4,3	4,2	5,9	5,7	7,1	92,6
Z (mm)	37,4	26,6	17,5	36,8	53,1	77,6	49,6	50,0	51,8	38,3	56,0	49,6	543,7
W (mm)	44,3	35,5	30,0	50,6	65,8	86,3	55,6	54,3	56,0	44,2	61,7	56,7	636,3
Ku	0,156	0,251	0,417	0,273	0,193	0,101	0,108	0,079	0,075	0,133	0,092	0,125	0,146
Ke	0,844	0,749	0,583	0,727	0,807	0,899	0,892	0,921	0,925	0,867	0,908	0,875	0,854
C	0,304	0,478	0,667	0,484	0,333	0,169	0,127	0,088	0,086	0,139	0,129	0,223	0,268

Табела 63 – Компоненте водног биланса слива Белог Тимока до профила Вратарница

	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Год.
X (mm)	49,9	47,0	51,6	73,7	86,0	83,3	63,5	57,5	57,2	43,0	61,6	58,6	732,9
Y (mm)	14,5	21,8	31,1	30,3	21,7	13,5	6,4	3,7	3,6	5,1	7,0	11,8	170,4
S (mm)	8,3	13,9	21,1	18,6	10,0	6,0	2,3	0,3	1,0	0,6	3,9	6,9	94,2
U (mm)	6,2	7,9	10,0	11,7	11,7	7,5	4,1	3,4	2,6	4,5	3,1	4,9	76,2
Z (mm)	35,4	25,2	20,5	43,4	64,3	69,8	57,1	53,8	53,6	37,9	54,6	46,8	562,5
W (mm)	41,6	33,1	30,5	55,1	76,0	77,3	61,2	57,2	56,2	42,4	57,7	51,7	638,7
Ku	0,149	0,239	0,328	0,212	0,154	0,097	0,067	0,059	0,046	0,106	0,054	0,095	0,119
Ke	0,851	0,761	0,672	0,788	0,846	0,903	0,933	0,941	0,954	0,894	0,946	0,905	0,881
C	0,291	0,464	0,603	0,411	0,252	0,162	0,101	0,064	0,063	0,119	0,114	0,201	0,233

Са површине слива Белог Тимока до профила Вратарница у просеку годишње отиче 170,4 mm. Специфична вредност отицаја смањује се за око 0,9 l/s/km² у односу на сектор Белог Тимока до Књажеваца. Највећа маса воде отиче у марту (18,2% годишњег отицаја и 60,3% падавина у том месецу). Август и септембар су са најмањом сумом отицаја. Од поменуте суме отицаја, подземно отиче у просеку годишње 76,2 mm. По годишњим добима, процентуално највише воде подземно отиче у току јесени (65%), а количински ипак највише отиче у пролеће (33,4 mm).

Годишње у просеку испари 562,5 mm воде. У односу на количину падавина, највеће испаравање је у септембру (93,7% атмосферске воде). Оно је као и у претходним случајевима само привидно, а разлог је понирање веће количине воде у земљиште равничарског дела слива, које је у току дугих летњих суша изгубило већу количину влаге. Најмање испаравање је у марту (3,6% годишње суме испаравања).

У виду влаге, у земљишту се годишње накупи 638,7 mm воде, што представља 87,1% од годишње суме падавина. Средњи годишњи коефицијент храњења подземном водом износи 11,9%, а средњи годишњи коефицијент испаравања је 88,1%.

7.6. Водни биланс Белог Тимока до профила Зајечар

Овај слив током године прима у просеку 722,3 mm падавина. Висина падавина се смањује у односу на слив Белог Тимока до профила Вратарница (за 10,6 mm) и профила Књажевац (за 20,2 mm). Највише се падавина излучи у мају (84,8 mm, односно 11,7% годишње суме падавина), док се најмање падавина излучи у октобру (42,4 mm или 5,9% годишње суме падавина). Од годишњих доба на површину овог слива највише се падавина излучи у пролеће (28,8%), а најмање у току зиме (21,2%).

Са површине слива Белог Тимока у просеку годишње отиче 167,3 mm или 23,2% од годишње суме падавина. Специфична вредност отицаја смањује се за око 0,1 l/s/km² у односу на сектор Белог Тимока до Вратарнице, а за око 1 l/s/km² у односу на сектор Белог Тимока до Књажеваца. Највећи отицај је у пролеће (39,7%

падавина истог периода, односно 49,4% од годишње суме отицаја), док је најмањи у току јесени (9,4% од годишње суме отицаја или 9,8% падавина у том годишњем добу). Највећа маса воде отиче у марту (18,6% годишњег отицаја и 61,2% падавина у истом месецу). Август и септембар су са најмањом сумом отицаја. Однос најнижег према највишем отицају је 1:8,9.

Од поменуте суме отицаја, подземно отиче у просеку годишње 70,8 mm (9,8% годишње суме падавина). Подземни отицај је равномернији од површинског и креће се од 3,1 mm у септембру до 12 mm у априлу. Однос најнижег према највишем подземном отицају је 1:3,9. Количински највише воде подземно отиче у пролеће, а процентуално у односу на укупно месечно отицање, у јесењим месецима.

Од укупне количине падавина испари 555 mm (76,8%). Највећи губитак се јавља у лето (179,8 mm или 32,4% годишње суме испаравања, односно 89,3% падавина тог периода). Август и септембар имају испаравање изнад 93% падавина. Треба истаћи да у последња два јесења месеца ова цифра није реална, јер део воде остаје на планинама у виду снега. Најмање испаравање је у марту, када је највећи протицај услед отапања снега нагомиланог у претходним месецима и учешћа кишних падавина у том месецу.

У земљиште слива Белог Тимока у просеку се годишње упије 625,8 mm, а то је 86,6% годишње суме падавина. Ова сума представља влагу у земљишту. Овде је ушла и сума воде која испарава пре него што се упије у подлогу, затим сума која остаје на крошњама дрвећа и др. Највећа маса воде која се налази у виду влаге у земљишту је у јуну (77,9 mm), а најмања у марту (29,7 mm).

Годишњи коефицијент храњења водотока подземном водом је 11,3%, док је коефицијент испаравања 88,7%. Максимални коефицијент испаравања је у јулу (95,3%) када је минимум храњења водотока подземном водом.

Табела 64 – Компоненте водног биланса слива Белог Тимока до профила Зајечар

	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Год.
X (mm)	49,1	46,3	50,8	72,6	84,8	82,1	62,6	56,7	56,4	42,4	60,7	57,7	722,3
Y (mm)	13,9	21,3	31,1	29,8	21,7	12,2	5,9	3,5	3,6	5,1	7,0	11,5	167,3
S (mm)	8,4	15,3	21,1	17,8	11,5	4,2	3,1	0,1	0,5	0,4	1,4	3,2	96,5
U (mm)	5,5	6,0	10,0	12,0	10,2	8,0	2,8	3,4	3,1	4,7	5,6	8,3	70,8
Z (mm)	35,2	25,0	19,7	42,8	63,1	69,9	56,7	53,2	52,8	37,3	53,7	46,2	555,0
W (mm)	40,7	31,0	29,7	54,8	73,3	77,9	59,5	56,6	55,9	42,0	59,3	54,5	625,8
Ku	0,135	0,194	0,337	0,219	0,139	0,103	0,047	0,060	0,055	0,112	0,094	0,152	0,113
Ke	0,865	0,806	0,663	0,781	0,861	0,897	0,953	0,940	0,945	0,888	0,906	0,848	0,887
C	0,283	0,460	0,612	0,410	0,256	0,149	0,094	0,062	0,064	0,120	0,115	0,199	0,232

Табела 65 – Компоненте водног биланса слива Грлишке реке (1961–1984)

	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Год.
X* (mm)	48,0	42,6	51,9	63,3	76,3	75,2	57,1	48,5	50,7	48,3	61,7	56,9	680,5
Y (mm)	15,0	35,1	64,0	46,2	36,2	16,3	6,4	2,9	3,6	11,8	10,6	13,1	261,9
Z (mm)	33,0	7,5	-12,1	17,1	40,1	58,9	50,7	45,6	47,1	36,5	51,1	43,8	418,6
C	0,313	0,824	1,233	0,730	0,474	0,217	0,112	0,060	0,071	0,244	0,172	0,230	0,385

*Средње количине падавина узете су за период (1961–2005. година)

7.7. Водни биланс слива Грлишке реке

На слив Грлишке реке у току године се илучи просечно 680,5 mm атмосферског талога. Од ове суме, Грлишком реком пре изградње акумулације Грлиште отицало је 261,9 mm, што представља око 38,5% од укупне количине падавина. Највише падавина отиче у пролеће (146,4 mm или 55,9% укупног годишњег отицаја). Са слива у току године испари 418,6 mm, односно 61,5% од укупне количине падавина. Највеће испаравање је у јуну (58,9 mm), док се у марту бележи дефицит испаравања.

7.8. Водни биланс слива Црног Тимока до профила Боговина

На површину овог сектора слива Црног Тимока у просеку годишње падне 752 mm атмосферског талога. Највеће количине су у јуну (81,3 mm или 10,8% од годишње суме падавина), а најмање у фебруару (50,2 mm или 6,7% од годишње суме падавина). Од годишњих доба, највише падавина има пролеће (26,8%), а најмање јесен (14,9%).

Према табели 66 са слива Црног Тимока до водомерне станице Боговина у просеку годишње отиче 387,5 mm или 51,5% од годишње суме падавина. Највећи отицај је у пролеће (више од суме падавина истог периода или 53,9% од годишње суме отицаја), у време већих поплавних таласа који настају појачаним падавинама и отапањем снега. Најмањи отицај је у јесењим месецима (8,3% од годишње суме отицаја или 28,6% падавина у том годишњем добу). Од поменуте суме годишњег отицаја, око 42,5% воде отиче подземно, а 57,5% отиче површински. Подземно у процентима највише воде отиче у септембру (84,1%), док количински подземно највише отиче у априлу. Од падавина које се изличују на овај сектор слива подземно отиче само око 21,9%.

Од укупне количине падавина испари 364,5 mm (48,5%). Највећи губитак се јавља у лето (157,5 mm или 43,2% годишње суме испаравања, односно 79,5% падавина тог периода). Последња два летња и прва два јесења месеца имају испаравање изнад 81% падавина у тим месецима.

Табела 66 – Компоненте водног биланса слива Црног Тимока до профила Боговина

	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	GOD.
X (mm)	53,4	50,2	54,3	68,2	79,1	81,3	64,4	52,3	59,5	52,3	70,5	66,5	752,0
Y (mm)	29,7	47,9	81,1	82,9	45,0	22,9	11,6	6,0	5,5	9,9	16,6	28,4	387,5
S (mm)	9,0	30,2	55,7	55,3	19,8	12,1	4,4	2,2	0,9	6,7	8,7	19,7	222,8
U (mm)	20,7	17,7	25,4	27,6	25,2	10,8	7,2	3,8	4,6	3,2	7,9	8,7	164,7
Z (mm)	23,7	2,3	-26,8	-14,7	34,1	58,4	52,8	46,3	54	42,4	53,9	38,1	364,5
W (mm)	44,4	20,0	-1,4	12,9	59,3	69,2	60,0	50,1	58,6	45,6	61,8	46,8	529,2
Ku	0,466	0,885	-18,143	2,140	0,425	0,156	0,120	0,076	0,078	0,070	0,128	0,186	0,311
Ke	0,534	0,115	19,143	-1,140	0,575	0,844	0,880	0,924	0,922	0,930	0,872	0,814	0,689
C	0,556	0,954	1,494	1,216	0,569	0,282	0,180	0,115	0,092	0,189	0,235	0,427	0,515

Табела 67 – Компоненте водног биланса слива Злотске реке до профила Злот

	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Год.
X (mm)	63,9	58,6	68,9	80,2	98,1	89,8	68,6	63,6	63,5	67,9	84,8	77,4	885,3
Y (mm)	29,8	48,4	92,9	111,5	50,6	29,4	12,1	6,3	6,8	13,5	21,3	30,6	453,2
S (mm)	15,0	29,6	71,5	83,0	31,9	18,3	3,1	2,3	2,5	7,7	14,1	21,9	306,8
U (mm)	14,8	18,8	21,4	28,5	18,7	11,1	9,0	4,0	4,3	5,8	7,2	8,7	146,4
Z (mm)	34,1	10,2	-24	-31,3	47,5	60,4	56,5	57,3	56,7	54,4	63,5	46,8	432,1
W (mm)	48,9	29,0	-2,6	-2,8	66,2	71,5	65,5	61,3	61,0	60,2	70,7	55,5	578,5
Ku	0,303	0,648	-8,231	-10,179	0,282	0,155	0,137	0,065	0,070	0,096	0,102	0,157	0,253
Ke	0,697	0,352	9,231	11,179	0,718	0,845	0,863	0,935	0,930	0,904	0,898	0,843	0,747
C	0,466	0,826	1,348	1,390	0,516	0,327	0,176	0,099	0,107	0,199	0,251	0,395	0,512

Укупна количина воде која се сматра влагом у земљишту износи 529,2 mm, а то је 70,4% годишње суме падавина. Најмања је у пролеће, а што је само привидно, јер се овде ради о најмањем испаравању и најмањем учешћу подземних вода у укупном протицају. Средњи годишњи коефицијент храњења подземном водом је 31,1%, док је средњи годишњи коефицијент испаравања 68,9%.

7.9. Водни биланс слива Злотске реке до профила Злот

На површину овог сектора слива укупно се излучи 885,3 mm атмосферског талога. Са слива у просеку отиче 51,2% падавина. Од укупног отицаја, на подземни отпада 32,3%, а на површински 67,7%. Подземно у просеку отиче 16,5% од годишње суме падавина. Са површине ове територије у просеку испари, или из неког другог разлога не учествује у протицају, око 48,8% пале воде. Као и код Трговишког Тимока, и код Злотске реке јавља се дефицит испаравања у марту и априлу. У овим месецима, услед отапања снега на вишим деловима Кучајских планина, отицај је већи од падавина. Испаравање у овим месецима постоји, али се оно услед поменутог разлога не региструје. Највеће испаравање је у летњем периоду. У виду влаге у земљишту у просеку годишње учествује 578,5 mm воде (65,3% годишње суме падавина). Коефицијент храњења водотока подземном водом у просеку је 25,3%, док је коефицијент испаравања 74,7%, а коефицијент отицања 51,2%.

7.10. Водни биланс слива Црног Тимока до профил Гамзиград

Овај слив је са средњом годишњом количином падавина од 749,4 mm, која је неравномерно распоређена по месецима и годишњим добима. Највише се падавина излучи у току пролеће (214,3 mm), око 28,6% годишње суме падавина. Са највећом количином падавина је јун (79,7 mm или 10,6% годишње суме), а са најмањом август (48,3 mm или 6,4% годишње суме падавина).

Од поменуте количине падавина, са слива отиче у просеку годишње 35%. Највећи отицај је у марту (20,9% годишњег отицаја и 92,6% падавина тог месеца) и априлу (21,2% годишњег отицаја и 72,8% падавина тог месеца). Овако висок

процент отицаја последица је отапања снега на планинама. Најнижи отицај је у августу (4,2 mm). Однос најнижег према највишем отицају је 1:13,3. Од укупне висине отицаја, подземно отиче 106,1 mm (14,2% годишње суме падавина). У односу на површински, подземни отицај је равномернији и креће се од 2,5 mm у септембру до 21,1 mm у априлу. Однос најнижег према највишем подземном отицају износи 1:8,7. Највећа маса воде подземно отиче у пролеће.

Са слива у току године испари око 486,8 mm, односно 65% од укупне количине падавина. Процентуално највеће испаравање је у септембру (92,3%), јер у овом месецу поред стварног испаравања има и привидног, односно веће количине падавина упије земљиште које је исушено дуготрајном летњом жегом.

У облику влаге, земљиште годишње просечно упије око 592,9 mm (79,1%) пале воде. Највише воде у виду влаге налази се у земљишту током лета (172,4 mm).

Коефицијент храњења водотока подземном водом је 17,9%, док је коефицијент испаравања 82,1%. Ова два коефицијента стоје у обрнуто пропорционалним односима, односно ако се један повећава други се умањује, и обрнуто. Тако је у септембру коефицијент храњења водотока подземном водом 4,6%, а коефицијент испаравања 95,4%.

7.11. Водни биланс Тимока

На слив Тимока до водомерне станице Тамнич у току године у просеку се излучи 726,6 mm атмосферског талоба. Највеће количине су у мају (81,2 mm или 11,2% од годишње суме падавина), а најмање у фебруару (47,1 mm или 6,5% од годишње суме падавина). Посматрајући годишња доба, на површину овог слива највише се падавина излучи у пролеће (28%), а најмање у току зиме (22,2%).

Од поменуте количине падавина са слива годишње у просеку отиче 176,7 mm или око једне четвртине. Овако малу количину условили су физичко-географски фактори. Највеће укупно отицање је у марту (36,7 mm или 20,8% годишњег отицаја и 67% отицања падавина тог месеца). Најмање укупно отицање је у септембру (2,8 mm или 1,6% годишњег отицања, односно 4,9% количине падавина истог месеца).

Табела 68 – Компоненте водног биланса слива Црног Тимока до профила Гамзиград

	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	GOD.
X (mm)	52,1	50,9	59,3	76,6	78,4	79,7	59	48,3	56,8	55,1	68,4	64,8	749,4
Y (mm)	20,4	30,1	54,9	55,8	30,1	16,1	7,9	4,2	4,4	7,7	11,9	19,1	262,6
S (mm)	9,4	17,2	37,3	34,7	18,7	9,5	3,9	1,2	1,9	4,7	7,2	10,7	156,5
U (mm)	11,0	12,9	17,6	21,1	11,4	6,6	4,0	3,0	2,5	3,0	4,7	8,4	106,1
Z (mm)	31,7	20,8	4,4	20,8	48,3	63,6	51,1	44,1	52,4	47,4	56,5	45,7	486,8
W (mm)	42,7	33,7	22	41,9	59,7	70,2	55,1	47,1	54,9	50,4	61,2	54,1	592,9
Ku	0,258	0,383	0,800	0,504	0,191	0,094	0,073	0,064	0,046	0,060	0,077	0,155	0,179
Ke	0,742	0,617	0,200	0,496	0,809	0,906	0,927	0,936	0,954	0,940	0,923	0,845	0,821
C	0,392	0,591	0,926	0,728	0,384	0,202	0,134	0,087	0,077	0,140	0,174	0,295	0,350

Табела 69 – Компоненте водног биланса слива Тимока до профила Тамнич

	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Год.
X (mm)	49,2	47,1	54,8	67,5	81,2	75,8	59,0	57,2	57,1	49,7	63,3	64,8	726,6
Y (mm)	11,8	21,3	36,7	35,8	22,2	12,7	5,6	3,2	2,8	5,1	8,3	11,2	176,7
Z (mm)	37,4	25,8	18,1	31,7	59	63,1	53,4	54	54,3	44,6	55	53,6	549,9
C	0,240	0,452	0,670	0,530	0,273	0,168	0,095	0,056	0,049	0,103	0,131	0,173	0,243

Са слива у току године испари око 549,9 mm, односно 75,7% од укупне количине падавина. Највеће испаравање је у јуну (63,1 mm), а најмање у марту (18,1 mm) када је највећи отицај услед отапања снега нагомиланог у предходним месецима и учешћа кишних падавина. Од годишњих доба највећи губитак се јавља у лето (170,5 mm или 31% годишње суме испаравања, односно 88,8% падавина тог периода). Велико испаравање је и у јесењим месецима (153,9 mm или 90,5% падавина у том годишњем добу). Међутим, овде се јавља само привидни губитак воде, јер део снежних падавина на вишим теренима у том периоду не учествује у отицају и зато што је у првим месецима овог годишњег доба упијање воде у земљиште повећано услед предходних летњих суша.

У сливу Трговишког Тимока коефицијент отицаја је преко 44%, а у сливу Црног Тимока до профила Боговина и у сливу Злотске реке до профила Злот отицај има превагу над испаравањем и преко 50% воде од падавина учествује у формирању водног потенцијала слива. Слив Трговишког Тимока има највећу просечну надморску висину слива (745 m) и највећу густину речне мреже (0,87 km/km²). Због тога вода атмосферских падавина прелази краћи пут до водотока, а већи нагиби падина утичу да се падавине брже крећу што смањује могућност испаравања. Геолошки састав слива Црног Тимока је главни фактор који утиче да висок проценат падавинских вода отиче реком. Најмањи коефицијент отицаја од 23,2% се јавља у сливу Белог Тимока на профилу Зајечар. На то утиче равничарски рељеф непосредног слива Белог Тимока где је спорије отицање падавина и веће испаравање.

У сливу Тимока налази се 220 насеља, међу којима је и пет већих градова који су највећи потрошачи воде. Према попису становништва из 2002. године у сливу је живело око 197 320 становника, са просечном густином од око 43 st/km². У пет већих градова (Зајечару, Бору, Књажевцу, Сврљигу и Бољевцу) сконцентрисано је око 56 % укупног становништва.

Са површине слива Тимока отиче просечно око 23,56 m³/s воде, што на годишњем нивоу износи 743,55·10⁶ m³ воде. То је око 3 768 m³ воде годишње на једног становника слива. Србија располаже са 1 709 m³ сопствене воде по становнику годишње (Гавриловић и Живковић, 2007), што је 2,2 пута мање од расположиве воде по човеку у сливу Тимока. Ово привидно велико богатство у

количини површинске воде је мање резултат велике издашности слива, која је на нивоу просека за целу државу, а више малог броја становника и мале густине насељености, која је два пута мања од средње густине насељености у Србији. Највећа густина насељености је у сливу Сврљишког и Црног Тимока, а последица је утицаја градова Књажевца и Зајечара. Најмања је у сливу Трговишког Тимока, јер је слив ове реке развијен на падинама Старе планине. Из истих разлога, расположива количина воде по становнику годишње је далеко највећа у сливу Трговишког Тимока, око $11\,184\text{ m}^3$, а најмања у сливу Сврљишког Тимока, око $3\,006\text{ m}^3$, па су нужне прерасподеле воде, што се може постићи усмеравањем вода из једног у други слив изградњом регионалних водопривредних система.

8. КВАЛИТЕТ ВОДА У СЛИВУ

8.1. Извори загађења

Основни извор загађења водотока и подземних вода у проучаваном сливу су привредне активности и рударско–индустријски комплекс „Бор“, нетретиране комуналне отпадне воде и бројне неуређене депоније.

Привреда на подручју слива Тимока заснива се на коришћењу необновљивих природних ресурса, њиховој експлоатацији, развоју обојене металургије и бројних производно-прерађивачких предузећа. Развој ових активности условио је и негативан утицај на животну средину, с обзиром да се могу сврстати у групу највећих загађивача. Индустријски објекти су лоцирани у три највећа центра слива: Бору, Зајечару и Књажевцу. Зато су и реке које пролазе кроз ова насеља, Борска река, Бели Тимок и Тимок, низводно са већом категоријом загађености (Brankov et al., 2012).

У Бору и околини издвајају се значајне индустријске зоне. Доминира рударско-индустријска функција са капацитетима у оквиру РТБ „Бор“ (топионица и рафинација бакра, фабрика лак жице, бакарне жице, опреме и делова, производња фолија, сумпорне киселине и др.), развој других прерађивачких објеката (текстилна, прехранбена индустрија, циглана, штампарија и др.) и остале привредне активности из области грађевинарства. Такође, не треба изоставити ни рудник бакра „Церова I“ у насељу Кривељ.

Рударство и металургија су значајан извор отпадних вода. Технолошки процеси експлоатације и прераде руде бакра праћени су издвајањем отпадних вода које се могу сврстати у две групе: отпадне воде из рударског дела и отпадне воде настале металуршко-хемијским процесима. Загађење проузроковано овим водама настаје када стене са сулфидним минералима реагују са кисеоником из ваздуха и производе сумпорну киселину. Она изазива издвајање тешких метала из стена. Настала киселина и растворени метали разносе се падавинама и површинским отицањима са рудничких копова до извора подземних вода, потока, река и језера.

Отпадни материјал прераде руда је и флотациона јаловина. Велике количине флотацијске јаловине доспеле су у Борску реку и Тимок неконтролисаним изливањем из старог флотацијског јаловишта. Последица тога је засипање преко 2 000 ha најплоднијег пољопривредног земљишта у приобаљу ових река (Локални еколошки акциони план општине Бор, 2003). Велики еколошки проблем представља и оштећење колектора флотацијског јаловишта Велики Кривељ, испод кога протиче Кривељска река. Низводно од рударског комплекса и места изливања санитарних вода водотоци су отворени колектори отпадних вода и не могу се уопште користити. Као пример може се навести Борска река чије је корито зацементирано гвожђевитим наслагама, а земљиште у приобаљу деградирано као последица дугогодишње експлоатације руде (слика 111).



Слика 111 – Борска река загађена са рудничким и индустријским отпадом

Рударска активност довела је и до промене конфигурације терена, пресецањем токова река и потока и њиховог каналисања у друге водотоке. Корито Борске реке је пресечено површинским копом у Бору, а њене воде се одводе у Кривељску реку и флотацију Велики Кривељ.

Отпадне воде из рудника који се налазе у сливу Тимока су регионални и прекогранични проблем. Угрожавају сва насеља на обалама загађених река и значајно утичу на квалитет воде Дунава. Решавање овог еколошког проблема је значајно не само за Србију већ и за регион Западног Балкана, као и за коришћење Дунава.

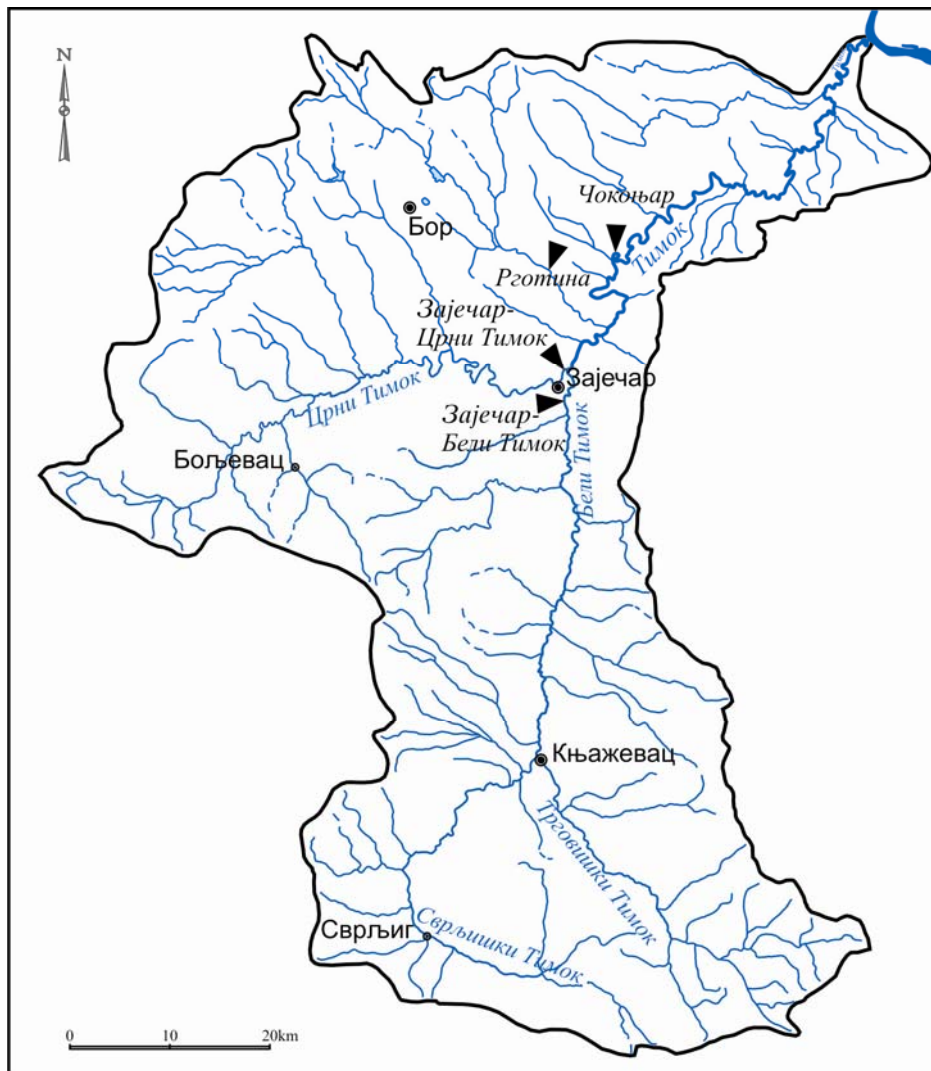
У непосредној близини града Бора налази се депонија комуналног отпада. Он се одлаже у напуштени део копа без претходног третмана или прекривања земљом. Такође, у околини града и сеоских насеља налази се велики број неконтролисаних сметлишта и велика количина одбаченог отпада (дивље депоније). Националним планом предвиђена је изградња рециклажног центра и регионалне депоније.

Зајечар је индустријски центар са развијеним агроиндустријским комбинатом „Тимок“ и бројним капацитетима прехранбене индустрије (индустрија млечних производа, прерада и конзервисање меса, пивара), кожарско-текстилним комбинатом, фабриком намештаја, текстилном индустријом, фабриком алатних машина и рударских уређаја. Један од највећих еколошких проблема у Зајечару је прерада отпадних вода, те су на територији града изграђени колектори за прикупљање отпадних вода, али не постоји станица за њихову прераду, тако да се оне изливају у реку Тимок.

У општини Књажевац канализациона мрежа није развијена, а додатни проблем представља непостојање уређаја за пречишћавање отпадних вода. Количина од око 1 240 000 m³ отпадне воде се директно, без претходног третмана, испушта у реципијент, односно реку Бели Тимок. Проблем је и нерешено питање управљања комуналним отпадом. На неуређено градско сметлиште, које се налази на обали Белог Тимока, заједно са комуналним отпадом одлаже се и око 9 500 t индустријског отпада. Сметлиште је лоцирано на око 1 km од центра града (Стратегија руралног развоја општине Књажевац 2010–2020., 2010). Године 2006. општина Књажевац је са још 6 општина из Тимочке крајине потписала споразум о заједничкој изградњи регионалне депоније у Халову код Зајечара. Израда техничке документације за ову депонију је у току.

8.2. Стање квалитета вода

За приказ квалитета воде водотока у сливу Тимока коришћен је фонд података Републичког хидрометеоролошког завода Србије. Истраживањем су обухваћени утврђени профили у сливу (слика 112), на којима се систематски испитује квалитет воде: Тимок (профил Чокоњар), Борска река (профил Рготина), Бели Тимок (профил Зајечар) и Црни Тимок (профил Зајечар).



Слика 112 – Локација хидролошких станица у сливу Тимока
на којима се одређује квалитет воде

Анализирани су следећи параметри: засићеност кисеоником, БПК₅, амонијум јон, укупни азот, суспендовне материје, ортофосфати, електропроводљивост,

температура воде, колиформне бактерије и pH вредност. Добијени подаци су изражени у просечним вредностима на годишњем нивоу. Тако је за сваку хидролошку станицу у периоду 1990–2009. година добијен двадесеточлани низ.

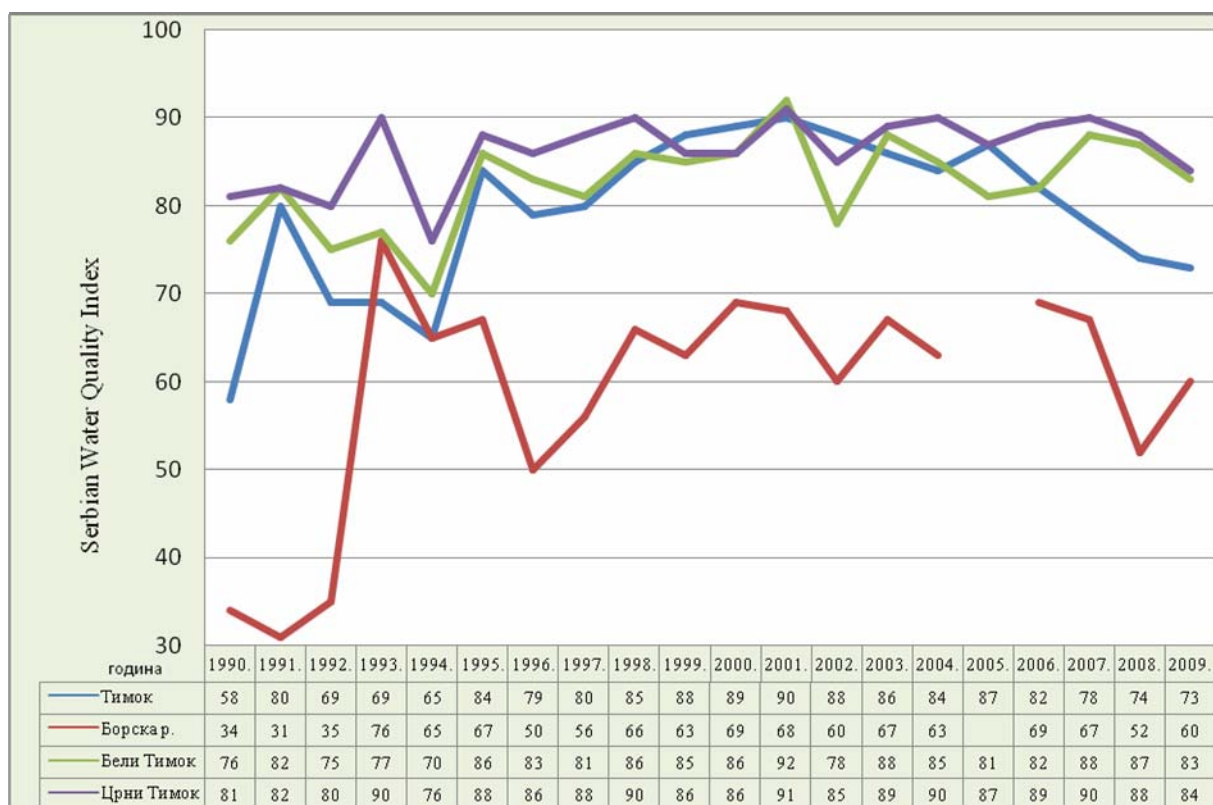
Методом *Water Quality Index (WQI)* десет напред наведених параметара својим квалитетом (q_i) репрезентују особине површинских вода свдећи их на један индексни број. Удео сваког од наведених параметара на укупни квалитет воде нема једнак релативни значај. Зато је сваки од њих добио своју тежину (w_i) и број бодова према уделу у нарушавању квалитета. Сумирањем производа ($q_i \times w_i$) добија се индекс 100 као идеалан збир удела квалитета ових параметара. У случају када недостаје податак о квалитету за неки анализирани параметар вредност аритметички измереног WQI коригује се множењем индекса са вредношћу $1/x$, где је x збир аритметички измерених тежина доступних параметара (Вељковић, 2006; Такић et al., 2011).

WQI је јединствен бројчани израз који приказује сложен утицај значајних физичких, хемијских и микробиолошких параметара на квалитет воде. Ова метода упућује и обавештава о стварном квалитету и његовом тренду у проучаваној области. Прихваћена је од стране ЕУ за праћење стања квалитета вода. Индикатори квалитета површинских вода методом *Serbian Water Quality Index (SWQI)* настали су компарацијом показатеља квалитета према нашој класификацији (Уредба о класификацији вода међурепубличких водотока, међудржавних вода и вода обалног мора Југославије) и оригиналној методи *Water Quality Index (Development of a Water Quality Index, 1976)*. Агенција за заштиту животне средине Министрства енергетике, развоја и заштите животне средине Републике Србије урадила је анализу квалитета воде применом описног индикатора *SWQI* за период 1998–2011. година. Анализом су обухваћена следећа сливна подручја водотока Србије: водотоци и канали Дунав–Тиса–Дунав на левој обали Дунава, Дунав, слив Саве, притоке Ђердапског језера и слив Велике Мораве.

Усвојене су вредности за описни индикатор квалитета $SWQI = 0-38$ – *веома лош*, $SWQI = 39-71$ – *лош*, $SWQI = 72-83$ – *добар*, $SWQI = 84-89$ – *веома добар* и $SWQI = 90-100$ – *одличан*. Квалитету површинских вода који одговара I класи

према Српској уредби о квалитету површинских вода методом SWQI припада 84–85 поена, II класи 72–78 поена, III класи 48–63 поена и IV класи 37–38 поена.

Резултати истраживања презентовани су табеларно и на линијском дијаграму где су на ординати представљене процењене вредности квалитета вода на хидролошким станицама, изражене методом SWQI (слика 113). Приказан је квалитет воде по годинама према методи SWQI на рекама Тимок (станица Чокоњар), Борска река (станица Рготина), Бели Тимок (станица Зајечар) и Црни Тимок (станица Зајечар). Најлошији квалитет водотока у сливу Тимока забележен је 1994. године. На три реке је средњи годишњи SWQI био у класи *лош*. Река Црни Тимок је имала нешто бољи квалитет, у класи *добар*. Најбољи квалитет воде у анализираном периоду забележен је 2001. године. Борска река је задржала вредност SWQI у категорији *лош*, а остале реке бележе квалитет у категорији *одличан*.



Слика 113 – Вредност Serbian Water Quality Index у сливу Тимока у периоду 1990–2009. година

Израчунате средње вредности SWQI индекса на Тимоку, у периоду од 1990–2009. године, показују да квалитет воде бележи знатне осцилације и генерално је био у распону од 65–90 SWQI индекса, што одговара описном индикатору *лош* до *одличан*. Најлошији квалитет забележен је од 1990–1995. године (у категорији *лош*), а 1995. је знатно побољшан (84 SWQI). Током 1996. и 1997. године квалитет је био добар. Средња годишња вредност SWQI индекса у периоду 1998–2005. година указује на бољи квалитет, са вредностима преко 84 SWQI, а од 2005. године благи пад квалитета воде.

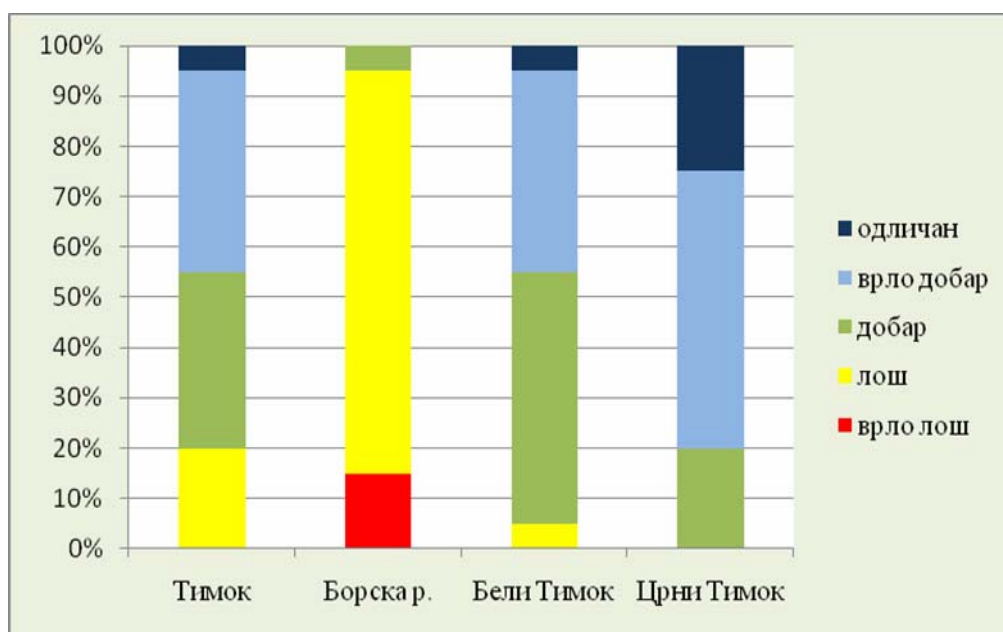
Квалитет воде Белог Тимока у периоду 1990–2009. године је био углавном у категорији *добар* и *врло добар*. Најлошији квалитет забележен је 1994. године и имао је вредност 70 SWQI (*лош*), а најбљи 2001. године 92 SWQI (*одличан*).

Најбољи квалитет воде у сливу бележи се на Црном Тимоку. Израчунате средње вредности SWQI у периоду 1990–2009. године су биле у распону од 76 до 91 SWQI индекса, што одговара описном индикатору *добар*, *врло добар* и *одличан*. То указује да квалитет воде значајно осцилира.

Екстремно лош квалитет воде, што је и најслабији квалитет воде на целој територији слива Тимока, забележен је на Борској реци. Током целог периода осматрања регистроване су годишње вредности SWQI индекса испод 76, што значи да је свих година у категорији *лош* и *веома лош* (1992. године). Овакве вредности указују на изузетно велико загађење, због чега се Борска река сврстава у најзагађеније водотоке у Србији и Европи и често се назива „мртва река“, а значајно утиче на загађење Тимока (Оцокољић и сарадници, 2009; Milijašević et al., 2011). Најмања вредност индекса забележена је 1991. године, од 31 SWQI. То указује на вишеструко повећане вредности анализираних параметара. Средње годишње вредности БПК₅ биле су 15,6 mg/l, амонијума 6,0 mg/l, укупног оксида азота 3,9 mg/l, електропроводљивости 1320 μ S/cm, рН од 5,1, а zasiћеност воде кисеоником само 47,3%. У току 2005. године на Борској реци нису вршена испитивања физичко-хемијских параметара воде, па вредност SWQI није израчуната за ту годину. У табели 70 приказане су средње вредности анализираних параметара за период 1990–2009. година. На основу њих се, такође, може закључити да Борска река има најлошије вредности показатеља физичког, хемијског и микробиолошког загађења воде.

Табела 70 – Средње вредности анализираних параметара (1990–2009. година)

Параметар	Тимок	Бели Тимок	Црни Тимок	Борска р.
Засићеност кисеоником (%)	95,5	107,3	104,7	78,1
БПК5 (mg/l)	2,73	2,23	2,01	3,8
Амонијум (mg/l)	0,45	0,23	0,23	3,5
pH вредност	7,3	7,6	7,7	5,8
Укупни оксиди азота (mg/l)	2,27	1,63	1,55	4,19
Ортофосфати (mg/l)	0,023	0,050	0,032	0,029
Суспендовне материје (mg/l)	33,8	27,3	12,9	265,6
Температура (°C)	13,5	12,6	12,1	13,1
Електропроводљивост (µS/cm)	665,8	449,05	444	1299
E.Coli (МПН у 1000 ml)	36321	114365	87397	21259



Слика 114 – Процентуална заступљеност годишњих вредности индикатора Serbian Water Quality Index у периоду 1990–2009. година

На слици 114 приказана је процентуална заступљеност индикатора SWQI у периоду 1990–2009. година, на основу кога се може јасно уочити стање квалитета водотока у сливу Тимока. Годишње вредности у класи *одличан* највише су

процентуално заступљене на реци Црни Тимок, а у класи *врло лош* на Борској реци.

Вредности Serbian Water Quality Indexа указују на висок степен загађености воде органским и неорганским материјама. Најлошији квалитет воде забележен је 1994. године. На три реке средњи годишњи SWQI је био у класи *лош*. Најбољи квалитет воде у анализираном периоду забележен је 2001. године. Борска река је у тој години задржала вредност SWQI у категорији *лош*, а остале реке бележе квалитет у категорији *одличан*.

Примена метода *Serbian Water Quality Index* омогућила је свеобухватну представу стања квалитета површинских вода у сливу са анализом тренда и интерпретацију резултата описним индикатором квалитета. Одређене вредности SWQI су резултат промене квалитета воде као последица отпадних вода из насеља и индустријских објеката, рударске активности, пољопривредне производње и бројних дивљих депонија у сливу. Генерално, у анализираном периоду није уочен тренд побољшања квалитета воде водотока, што наводи на закључак да су изостале мере заштите од загађења.

На територији општине Књажевац не постоје мерења квалитета вода јер нису инсталирани мерни инструменти. С обзиром да се изворишни делови Трговишког Тимока налазе у оквиру Парка природе „Стара планина“ и да је само у протеклих пар година забележен низ еколошких инцидената у општини Књажевац, неопходно је да се у будуће прати исправност водотока и на овом подручју.

Квалитет воде у **акумулацијама** у директној је вези са квалитетом воде речног тока на коме је изграђена. Унос разних органских и неорганских материја у акумулацију доводи до промене састава воде.

Завод за заштиту здравља „Тимок“ из Зајечара и Републички хидрометеоролошки завод Србије прате квалитет воде Грлишког језера. Редовна контрола воде почела је 1991. године. Установљено је да је већ после прве године постојања језера почео процес еутрофизације. То је последица квалитета тла на коме је језеро настало и слабе заштите сливова Леновачке и Ласовачке реке. У језерски басен је унета и значајна количина органских материја.

У циљу праћења стања и побољшања квалитета воде Грлишког језера спроводи се низ значајних акција. На одређеним профилима, једном месечно, мери се температура воде од површине до дна. Муљ се анализира четири пута годишње, на четири локације. Прати се отицање воде преко прелива на брани и осматрају водостаји и протицаји притока. Анализирају се микробиолошка, хидробиолошка и физичко-хемијска својства воде, а стање ихтиофауне се редовно прати.

Републички хидрометеоролошки завод Србије спроводи редовне контроле квалитета воде Борског језера почев од 1991. године. Редовним годишњим узорковањем воде прате се физичко-хемијски, сапробиолошки и бактериолошки показатељи квалитета. Борско језеро је првих година од постанка имало хемијски и бактериолошки чисту воду. Повећањем туристичког промета и броја туристичко-угоститељских објеката у приобаљу, као и викендица на планинским падинама, дошло је до промене квалитета воде. Најлошије стање је за време лета, када су водостаји ниски, температуре ваздуха и воде високе и распадање органских материја интензивно.

Квалитет воде Глоговачког језера прати Завод за заштиту здравља „Тимок“. Праћење стања квалитета воде има еколошки значај за производњу хране, као и за рекреацију и спортски риболов (Станковић, 2008). Ради очувања доброг квалитета воде у језеру, на његовој притоци изграђена је 1988. године ниска брана за заустављање наноса. Вода овог језера је једна од квалитетнијих у општини Зајечар.

Подземне воде су генерално бољег и уједначенијег квалитета од површинских вода, али праћење квалитета још увек није на нивоу који је примерен садашњем стању угрожености овог ресурса.

Физичко-хемијске одлике подземних вода овог региона у тесној су генетској вези са литолошким саставом средине у којој су акумулиране, али зависе и од бројних других фактора. Без обзира на разноврстан и сложен литолошки састав терена, физичко-хемијски састав подземних вода је доста уједначен. Изузетак представљају термалне и минералне воде. Према анјонском саставу, највећи удео имају воде хидрокарбонатног типа, затим су нешто чешће сулфатне воде, а хлоридне воде су најређе. Према катјонском саставу, подземне воде су калцијске.

Према минерализацији, воде су средње минерализоване са малим уделом минерализованих вода. Умерено су тврде, а према рН вредности најчешће неутралне (са рН од 6,5 до 7,5). Температура подземне воде плићких издани је променљива и зависи од температурних промена површине терена, док дубље издани (артеске) имају уједначену температуру (Група аутора, 1976).

Подземне воде из алувијума подложне су загађењу због мале дубине издани, што представља главни ограничавајући фактор за њихову интензивну експлоатацију. Томе највише доприносе загађене површинске воде и загађивачи површине терена (депоније, септичке јаме, пољопривредна ђубрива, нафтни деривати, и др.). Њихов квалитет углавном не задовољава нормативе воде за пиће. Имају малу минерализацију и често присуство гвожђа и мангана у прекомерним концентрацијама.

Код артеских издани хидрокарбонатни тип није преовлађујући. Воде артеских издани су најчешће сулфатне и хлоридне са повишеним садржајем гвожђа, мангана и других ретких елемената.

Карстне воде се одликују повољним физичким и хемијским својствима. Искључиво су хидрокарбонатног и калцијумског типа. Јони нитрата, нитрита, амонијума и гвожђа се јављају у малим количинама или сасвим изостају док су микрокомпоненте редовно у границама дозвољеним за употребу за пиће. Садржај органских материја је у дозвољеним концентрацијама. Вредност рН варира од 7,2 до 8,0, а величина укупне тврдоће је претежно у распону од 10–15°dН. Као проблем при експлоатацији појављује се краткотрајно замућивање (Водопривредна основа Републике Србије, 2001).

8.3. Заштита вода од загађења

Стање водног богатства у сливу неопходно је изучавати на основама постулата о води и спроводити начела концепције активне заштите животне средине. Да би се очувао добар квалитет воде приликом њене употребе потребно је применити мултидисциплинарност, која узима у обзир друштвене, економске и еколошке аспекте.

За квалитет вода у сливу Тимока подједнако су одговорни појединци и институције из насеља лоцираних од ушћа реке у Дунав до падина Тупижнице, Сврљишких планина и Старе планине, односно простора где су развијени изворишни краци реке.

Године 2007. потписан је протокол „Зелени Тимок“ од стране представника свих општина које се налазе у сливу Тимока. Том приликом су се обавезали да ће се активно ангажовати на заустављању његовог загађења и побољшању квалитета вода и покренули низ акција за заштиту вода и акватичних екосистема.

У циљу решавања еколошких проблема, општина Бор је израдила *Локални еколошки акциони план*. Овим документом је предвиђено предузимање читавог низа мера на очувању и даљем уређењу животне средине, као и низ мера за организовање рударско-металуршке производње која ће знатно мање угрожавати животну средину (Локални еколошки акциони план општине Бор (нацрт извештаја), 2003). При општини Бор постоји и Еколошки фонд, али још увек није активан. Пројекат под називом „*Кампања за примену нових технологија у рудницима дунавског слива које смањују загађење тешким металима и обезбеђују одрживу производњу*“ је реализован уз подршку Регионалног центра за заштиту животне средине Централне и Југоисточне Европе, као један од седам националних пројеката у Србији и Црној Гори у склопу дунавског регионалног пројекта смањења загађења дунавског слива. Главни носилац пројекта је Друштво младих истраживача Бор. Циљ пројекта је подизање свести и општег знања о потреби и могућностима развоја и примене нових технологија у рударству које смањују загађење река, у овом случају конкретно загађење дунавског слива тешким металима, односно, о могућностима одрживе рударске производње. Пројекат под називом „*Учешће локалне заједнице у контроли загађења рудничким водама*“ реализован је у сарадњи истраживача из три земље – Србије, Македоније и Босне и Херцеговине. Главни циљ овог пројекта је да пружи информације о рудничким водама и упозна заинтересоване стране (претставнике локалне заједнице, релевантне доносиоце одлука и грађане) са проблемом загађења које настаје из напуштених и активних рудника, и да одреди приоритетна подручја за акцију, с циљем побољшања стања животне средине у региону. Пројектне активности које су спроведене у Србији, Македонији и Босни и Херцеговини

послужиће као полазна тачка за будуће активности на укључивању јавности у смањење загађења и његове контроле из напуштених и активних рудника и омогућиће преношење стеченог знања и искустава и у другим заједницама широм региона које имају исти или сличан проблем (Пројекат, 2004).

Пословање привредних предузећа у сливу Тимока није засновано на одрживости ресурса и очувању животне средине. Није успостављена интеграција између социјалних, економских и еколошких циљева. Управљање природним ресурсима требало би да буде саставни део стратегије одрживог развоја. Различите активности усмерене на очување хидрографских објеката и животне средине које би укључиле све заинтересоване стране (локалних и државних органа власти, привредних организација, невладиних организација и сл.), укључујући и ангажовање грађана, могу допринети да се побољша однос према води, очувају незагађени и ревитализују деградирани водотоци у сливу Тимока. У будућности приоритетни задаци заштите вода су: увођење технологија за прераду отпадних вода у рударству, пречишћавање индустријских вода, одстрањивање и пречишћавање отпадних вода из насеља, ревитализација деградираних водотока и њиховог приобаља и едукација становништва о заштити вода. Заштита хидрографских објеката у сливу мора обухватити целокупну хидрографску мрежу, коју чине језера, подземне воде, извори, врела, потоци и реке. Њихова заштита подразумева и заштиту животне средине у целини.

9. МОГУЋНОСТИ ОДРЖИВОГ КОРИШЋЕЊА ВОДНИХ РЕСУРСА У СЛИВУ ТИМОКА

9.1. Вода и одрживи развој

Концепт одрживог развоја почео се развијати у раним седамдесетим годинама XX века, а затим су се током осамдесетих година јавили конкретни почеци међународне политике о заштити животне средине, када је и званично усвојен концепт и дефиниција одрживог развоја.

Основно етичко питање начела одрживог развоја односи се на одговорност коју садашње генерације човечанства имају према будућим генерацијама.

Достизање одрживог развоја у великој мери зависи од расположивих водних ресурса, неопходних за живот, људски развој и привредне активности. „Доступност воде у адекватној количини и квалитету је неопходан услов за одрживи развој“ (Kundzewicz, 1997). Због изузетног значаја водних ресурса, њихове ограничености (по капацитету, способности самопречишћавања) и многоструке употребе воде (за пиће, у индустрији, пољопривреди, за пловидбу, риболов, итд.) једно од најзначајнијих питања је међународно правно регулисање њиховог одрживог коришћења и заштите.

Концепт одрживог развоја је стваран и уобличаван на светским самитима Уједињених нација. У последње четири деценије у свету је одржан велики број конференција и форума, као и састанака везаних за одрживи развој, након чега је усвојен низ међународних докумената декларативног карактера који садрже и одредбе које се тичу заштите и коришћења водних ресурса. Значајније међународне конференције су: Стокхолмска конференција о животној средини (1972), Конференција Уједињених нација о животној средини у Најробију (1982), Рио самит о животној средини и развоју (1992), Други светски водни форум у Хагу (2000), Миленијумска декларација УН-а усвојена од стране Генералне скупштине УН-а (2000), Међународна конференција о свежој води у Бону (2001), Светски самит о одрживом развоју у Јоханесбургу (2002), Конференција Уједињених нација о одрживом развоју „Рио+20“ (2012) и др.

Прва светска Конференција Уједињених нација о животној средини одржана је у Стокхолму 1972. године. Стокхолмска декларација је дефинисала принципе за унапређење и очување природне средине. Тада је по први пут на међународном нивоу указано на опасности које планети Земљи прете од загађења животне средине, а препознат је и проблем утицаја загађења на људско здравље.

У Најробију је 1982. године одржана друга по реду конференција Уједињених нација о животној средини. Том приликом је упозорено на експлоатацију природних ресурса и неконтролисани индустријски развој, као и на последице које ти процеси остављају на животну средину.

Постулати одрживог развоја прецизније су одређени 1987. године када је Светска комисија за животну средину и развој (World Commission on Environment and Development), позната и као „Брундтландова комисија” (Brundtland Commission), објавила извештај под називом „Наша заједничка будућност“ („Our Common Future”) у коме је формално увела у употребу појам одрживог развоја. Ова комисија је дефинисала одрживи развој као развој којим се задовољавају потребе садашње генерације, без ускраћивања могућности будућим генерацијама да задовоље своје потребе. Између осталог, извештај је истакао да „... уколико се садашње схватање развоја не промени, будуће генерације могу бити лишене значајног природног капитала који ће им требати да задовољи њихове потребе“ (WCED, 1987). Препозната су три главна аспекта одрживог развоја: заштита животне средине, економски раст и социјална једнакост. Аспект заштите животне средине мора обезбедити стабилну базу ресурса, избегавајући прекомерну експлоатацију обновљивих и пустошење необновљивих ресурса.

Рад Светске комисије за животну средину и развој, као и Брундтландов извештај, поставили су темеље за одржавање Светског самита о Земљи у Риу де Жанеиру 1992. године. То је била до тада највећа од свих одржаних конференција Уједињених нација. Учествовало је око 10 000 званичних представника из око 150 земаља. Током Самита потписано је и усвојено више важних докумената, међу којима је Декларација о животној средини и развоју, Конвенција о биолошкој разноврсности, Конвенција о промени климе, принцип о управљању, заштити и одрживом развоју свих типова шума, као и акциони план одрживог развоја за XXI век – *Агенда 21*. Први пут је повезано питање развоја и заштите животне средине.

Агенда 21 је програм активности према одрживом развоју и оквир за усмеравање развоја у XXI веку. У поглављу 18 овог документа наводи се: „ вода је потребна у свим аспектима живота. Циљ је да се за целокупну популацију планете осигура снабдевање квалитетном водом, а да се истовремено очувају хемијске, биолошке и хидролошке функције екосистема, да се активности људи прилагоде ограниченим капацитетима природе и спрече болести које су узроковане водом. Потребне су нове технологије да потпуно искористе ограничене водне ресурсе и очувају те ресурсе од загађења“ (UNCED, 1993).

На Светском форуму о водама који је одржан у Хагу 2000. године, представљени су основни циљеви Уједињених нација у домену вода. Нагласак је био на утврђивању реално остварљивих циљева у области водоснабдевања, те је донет закључак да се морају усвојити стратегије управљања водама на националном нивоу и престати са прекомерном експлоатацијом водних ресурса.

Десет година после Самита у Риу де Жанеиру, 2002. године, одржан је Светски самит о одрживом развоју у Јоханесбургу. На Самиту је учествовало око 60 000 делегата, претставника великих светских компанија, активиста еколошких организација и преко 170 светских лидера. Цео свет се окупио ради једног циља – одрживог развоја планете Земље.

Клаус Тоепфер, извршни директор Програма заштите животне средине Уједињених нација, је у свом извештају, по завршетку Светског самита у Јоханесбургу, забележио да је на самиту истакнуто да вода није само најосновнија потреба, него је и центар одрживог развоја и основа смањења сиромаштва. Вода је повезана са здрављем, пољопривредом, енергијом и биодиверзитетом. Без напретка у сектору вода, достизање миленијумских развојних циљева биће тешко, ако не и немогуће (Global Water Partnership, 2004).

Године 2012. у Риу де Жанеиру одржана је конференција Уједињених нација о одрживом развоју 2012, познатија под именима „Рио+20“ и „Самит планете Земље 2012“, поводом 20. годишњице Конференције УН-а о животној средини и развоју у Риу де Жанеиру 1992. године и 10. годишњице од Светског самита о одрживом развоју у Јоханесбургу 2002. године. Самит је одржан са циљем да се дефинише путања одрживог развоја која ће водити ка будућности и у којој ће целокупна светска популација имати пристојан животни стандард, а истовремено

ће се чувати природни ресурси и екосистеми. Било је неопходно утврдити напредак у погледу међународних договора и циљева о одрживом развоју, као и да се дефинишу нови проблеми и изазови. На Конференцији „Рио+20“ је истакнуто седам области које имају приоритетну пажњу. То су: енергија, безбедност хране и одрживи аграр, вода, океани, одрживи градови, пристојан посао и спремност у случају природних катастрофа (www.uncsd2012.org). Наглашено је да недостатак воде и њен лош квалитет и даље представљају велики проблем у свету.

У Европској унији иницијативе везане за одрживи развој јављају се крајем осамдесетих година XX века. Као циљ Европске уније одрживи развој је први пут уведен у оквиру Европског акта (Single European Act) из 1987. године. „Одрживи развој је фундаментални и свеобухватни циљ ЕУ-а. Може се дефинисати као кретање према квалитетнијем животу за свакога, за садашње и будуће генерације. То је визија прогреса која повезује социјалну правду, економски развој и заштиту животне средине, и због тога је брига свих грађана Европске уније, а наравно и целог света“ (Eurostat, 2007).

На састанку Европског парламента у Готхенбургу 2001. године усвојена је Стратегија одрживог развоја Европске уније. Тада се Европска унија обавезала према одрживом развоју који је утемељен на уједначеном економском расту, високом нивоу образовања и напредној заштити и унапређењу животне средине.

Оквирна Директива Европске уније о водама је најзначајнији акт Европске уније у области вода. Основни циљ ове Директиве је да заустави даљу деградацију квалитета вода, тј. обезбеђивање доброг хемијског, хидролошког и еколошког статуса вода у ЕУ. Пре свега, то значи успостављање одрживог стања вода и њихово коришћење које не угрожава животну средину.

9.2. Облици коришћења вода

На основу расположиве литературе тешко је утврдити време када се у сливу Тимока почело са првим покушајем коришћења вода за решавање водoprивредних проблема. Многе грађевине које су очуване до данас, пружају општу слику историјског развоја ове водoprивредне проблематике. У многим

местима дуж тока Тимока налазе се древне воденице и бадњеви, бране, а у градским и сеоским насељима бунари и чесме, као и остаци старих водовода.

Традиција коришћења воде је стара, баш зато што су у овом сливу повољни топографски, климатски и хидролошки услови за насељавање и живот људи. На подручју слива Тимока развија се тзв. Тимочки речни систем за обезбеђивање вода за хидроенергетику, снабдевање насеља и индустрије водом, наводњавање, као и туристичку валоризацију водотока која се ослања на изграђене водоакумулације.

9.2.1. Водоснабдевање насеља и индустрије

До половине XX века организовано водоснабдевање становништва подразумевало је копање јавних бунара и довођење воде до јавних чесама на најпрометнијим местима у насељима. За те потребе коришћена је вода из изворишта у самим насељима или из њихове непосредне близине. Од тада почиње плански развој водоснабдевања који је подразумевао изградњу и одржавање водоводних система и довођење хигијенски исправне воде до домаћинства, привредних објеката и осталих потрошача.

У табели 71 дате су количине захваћене воде из слива Тимока и преузете воде из суседних сливова за јавни водовод у току 2009. године. Подземне воде приказане су као збир изданских и изворских вода. Површинске воде дате су као збир захваћених вода из водотока, акумулација и језера, док су преузете воде из јавног водовода и из система других пословних субјеката са територије другог слива. Највећи део захваћене и преузете воде је пореклом од подземних вода.

Табела 71 – Захваћене и преузете воде за јавни водовод у току 2009. године (1 000 m³)

Слив	Захваћене воде		Преузете воде
	Подземне воде	Површинске воде	
Тимок	7 936	4 258	187

Извор: Републички завод за статистику, Екобилтен 2009.

За водоводни систем у **Зајечару** који водом снабдева становништво у граду Зајечару и у 16 села општине Зајечар, експлоатишу се три изворишта. То су: „Бели Тимок“, „Тупижница“ и „Грлиште“.

На изворишту „Бели Тимок“ вода се из копаних бунара натезама доводи до сабирног бунара. Црпна станица је изграђена на изворишту и из ње се вода потискује у дистрибутивну водоводну мрежу и резервоар „Краљевица“. Капацитет изворишта варира у зависности од водостаја Белог Тимока и креће се од 50 до 75 l/s. Ово извориште је значајно као резерва воде у случају планског или хаваријског искључења главног изворишта „Грлиште“ и у периодима највеће потрошње воде. Експлоатација изворишта је уједначена током године и оно учествује са 15–20% у укупној количини сирове воде која се користи у водоснабдевању Зајечара (Петковић, 2010).

Извориште „Тупижница“ је карстно врело у кањону Ласовачке реке. Издашност врела у току године варира у распону од 25 до 2500 l/s, што се одражава и на количину воде која се користи за водоснабдевање. Вода са овог врела се транспортује до дистрибутивне мреже у Зајечару и резервоара „Краљевица“. Годишње се у просеку са овог изворишта захвата 15–18% од укупне количине сирове воде која се користи у водоснабдевању (Петковић, 2010).

Извориште „Грлиште“ представља акумулацију која је формирана изградњом бране на Грлишкој реци. Брана је лоцирана на профилу „Ждрело“, 4,5 km узводно од ушћа у Бели Тимок и на око 12 km од Зајечара. Акумулација је формирана као вишенаменска: за водоснабдевање града Зајечара и околине, трансформацију поплавног таласа Грлишке реке, оплемењивање малих вода, задржавање наноса, спортски риболов, рекреацију и др. Основне карактеристике бране и акумулације су: површина слива 191 km², просечни вишегодишњи протицај 1,55 m³/s, а укупна запремина акумулације 10,2·10⁶ m³. Брана је саграђена од каменог набачаја са армирано бетонским застором, висине 27 m, ширине у круни од 6 m и запремине око 75 000 m³ уграђеног материјала. Капацитет Грлишког система пројектован је на 1 200 l/s (Вујновић, 1995). На брани постоје три нивоа водозахвата, који се активирају у зависности од нивоа воде и потреба за водом. У укупној количини сирове воде која се користи у водоснабдевању Зајечара, вода са овог изворишта учествује са 65–70% (Петковић, 2010). Количина воде која се захвата из акумулације у току године доста варира. Највећа експлоатација изворишта је у летњим месецима када су потребе становништва за водом највеће, а издашност изворишта „Тупижница“ минимална.

Оно истовремено представља и најважније извориште за водоснабдевање Зајечара и околних насеља.

Осим ових изворишта, водоводни систем у Зајечару чине и магистрални и секундарни цевоводи укупне дужине 280 km, три резервоара капацитета по 1500 m³, који се налазе на Краљевици, као и фабрика за производњу воде „Краљевица“. Изградњом акумулације „Грлиште“ и фабрике воде „Краљевица“, Зајечар је у дужем временском периоду решио проблем водоснабдевања.

Књажевац и 16 сеоских насеља у окружењу снабдева се водом из два изворишта – „Сињи вир“ и „Језава“, која функционишу као јединствен водоводни систем „Сињи вир“. Градски водоводни систем чине и магистрални и секундарни цевоводи, црпне станице, постројење за хлорисање воде и резервоари.

Извориште „Сињи вир“ је карстно врело у кориту Сврљишког Тимока, а налази се око 7 km југозападно од Књажевца. Чине га две каптаже са просечном издашношћу од око 200 l/s. У периоду јануар–август издашност је изнад 200 l/s, док у другој половини године издашност пада испод те вредности. Извориште „Језава“ је до 1973. године било једино извориште за водоснабдевање Књажевца, а од тада се користи као допунски извор снабдевања система „Сињи вир“. Састоји се од каптажне грађевине и три цеваста бунара помоћу којих се дренира вода из алувијума Грезанске реке. Минимална издашност изворишта је 5–6 l/s (Петковић, 2010).

У долинама Сврљишког и Трговишког Тимока постоји неколико јаких крашких врела (Врело код 21. постаје, Миљковачко врело, извориште Коренатац, Изворско врело, Градиштанско врело и Габровачко врело) која представљају потенцијална изворишта за водоснабдевање насеља у општини Књажевац. Каптирањем ових извора добиле би се значајне количине квалитетне воде. Потпуно каптирање ових врела угрозило би биланс вода Сврљишког и Трговишког Тимока.

Општина **Бор** се снабдева пијаћом водом из крашких извора, а индустријском из Борског језера. Најстарији систем водоснабдевања у Бору изграђен је 1949. године, а затим дограђиван новим системима који доводе воду са различитих изворишта. Снабдевање водом града Бора и околних насеља Језеро, Бања, Слатина, Злот, Брестовац, Оштрељ, Бела река и Кривељ обезбеђује се преко

више изворишта: „Злот–Селдиште“ (35–250 l/s), „Злот село“ (2–8 l/s), „Сурдуп“ (25–70 l/s), „Кривељ“ (8–56 l/s) и „Боговина“ (105–145 l/s) (Регионални просторни план Тимочке крајине, 2011). Велике осцилације издашности ових изворишта у току године не чине их поузданим изворима за водоснабдевање.

Основна намена Борског језера је да обезбеди довољну количину воде за потребе рударства и индустрије. Од језера, вода се транспортује посебним системом до Бора и индустријских објеката.

За водоснабдевање **Бољевца** и **Боговине** каптиран је карстни извор „Мировиштица“, који се налази 7 km југозападно од Бољевца. За потребе водоснабдевања становништва користи се од 1968. године. Издашност врела варира у току године и креће се у распону од 70 до 210 l/s. За снабдевање водом Бољевца и околних села просечно годишње се захвата 20–25 l/s воде (Петковић, 2010). Када се повремено у току летњих месеци издашност Мировиштице смањи, Боговина и околна села прелазе на коришћење воде са изворишта „Мрљуш“. Ово извориште се налази у атару села Мали Извор.

У сеоским насељима водоснабдевање становништва је решено на различите начине. Прикључивање ових насеља на градске водоводне мреже почело је крајем седамдесетих и почетком осамдесетих година XX века. Сеоска насеља ближа граду су била прва прикључена на водоводну мрежу, а касније и поједина удаљенија насеља.

Највећи број сеоских насеља има сопствени водоводни систем. Постоје разлике у погледу начина на који је решено водоснабдевање. У великом броју сеоских насеља изграђено је више мањих водоводних система. Са околних извора вода се најчешће слободним падом доводи до неколико домаћинстава. Знатан број сеоских насеља снабдева се водом из водоводних система који опслужују само једно село, а постоје и системи у којима се из једног изворишта снабдева више сеоских насеља. За водоснабдевање села Кална и Иново каптиран је крашки извор у близини Калне. Водоводни систем „Коренатац“ снабдева водом Горњу и Доњу Каменицу и село Штрбац. Вода се захвата са извора Коренатац који се налази у истоименој клисури Трговишког Тимока. Из водоводног система „Салаш“ водом се снабдева пет насеља: Салаш, Велика Јасикова, Копривница, Јелашница и Метриш. Вода се из бушеног бунара у алувијуму Салашке реке пумпама усмерава

до два резервоара. Водоводни систем „Валевац“ почео је са радом 2009. године. Он из бушеног бунара у алувијуму Валевачке реке водом снабдева три сеоска насеља – Валевац, Дречиновац и Каличин.

У општини Књажевац највећи број сеоских насеља је без организованог водоснабдевања. Становништво ових насеља снабдева се водом из бунара, извора, јавних чесми или довођењем воде са околних извора до својих кућа. То су претежно планинска села са малим бројем становника.

У табелама 72 и 73 приказана је количина захваћене и испоручене воде, као и губитци из јавног водовода по општинама. Може се закључити да је количина укупне захваћене воде највећа у општини Бор и Зајечар, а да је процентуални удео губитака у укупном водозахвату највећи у општини Књажевац и Бољевац. Општина Бор део захваћене воде уступа другим општинама.

Табела 72 – Захваћене, испоручене воде и губици из јавног водовода по општинама (1 000 m³)

Општина	Укупне захваћене воде	Укупне испоручене воде	Губици у дистрибуцији	Процентуални удео губитака у укупном водозахвату
Неготин	2 022	1 647	375	18,5
Бор	8 058	4 315	3 930	48,7
Зајечар	6 248	3 428	2 820	45,1
Књажевац	4 981	1 377	3 604	72,3
Бољевац	692	301	391	56,5
Сврљиг	305	305	-	-

Извор: Републички завод за статистику, Екобилтен 2009.

У свим општинама највише воде из јавног водовода испоручује се домаћинствима. Индустијском сектору се испоручи највећа количина воде у општини Бор. У остале кориснике укључени су пословни објекти као што су школе, хотели, ресторани, болнице, пољопривредна добра и потрошачи других јавних водовода.

Табела 73 – Испоручене воде из јавног водовода по општинама (1 000 m³)

Општина	Испоручене воде			
	Укупно	Домаћинствима	Индустријском сектору	Осталим корисницима
Неготин	1 647	1 396	157	94
Бор	4 315	2 384	1 496	435
Зајечар	3 428	2 463	271	694
Књажевац	1 377	1 085	232	60
Бољевац	301	232	36	33
Сврљиг	305	272	24	9

Извор: Републички завод за статистику, Екобилтен 2009.

Законом о искоришћавању и заштити изворишта водоснабдевања (Сл. гласник СР Србија бр. 27/77), у оквиру кога је садржана и Основа дугорочног снабдевања водом становништва и индустрије на територији Србије, утврђен је систем „Боговина“ као регионални систем за снабдевање водом градова Бор, Зајечар, Бољевац и њихове околине. Планирано је да се систем поступно развија и временом повеже у регионални систем „Боговина“. Прва у плану је била акумулација „Грлиште“ на Грлишкој реци, а затим поступно увођење и акумулације „Боговина“ на Црном Тимоку у систем градског водоснабдевања. Због значајне потрошње воде у индустрији предвиђене су и следеће акумулације: „Околиште“ на Сврљишком Тимоку, „Кривељ“ на Кривељској реци, „Жуковац“ на Алдиначкој реци, „Злот“ на Злотској реци. Акумулације и изворишта подземних вода чиниле би јединствен ресурс из кога би се снабдевала насеља у општинама Неготин, Бор, Бољевац, Зајечар и Књажевац.

Почетак изградње акумулације „Боговина“, великог система са запремином од 58 милиона m³, био је планиран крајем 1980. године. До данас, због материјалних и административних потешкоћа, пројекат није реализован.

Као највећи проблеми у водоснабдевању на проучаваном простору могу се навести прекомерна и нерационална потрошња квалитетне воде пореклом из подземних извора и акумулација за потребе индустрије, нерешено водоснабдевање бројних сеоских домаћинстава, непостојање јединственог система управљања водним ресурсима, дотрајале водоводне цеви и велики губици воде у дистрибутивној мрежи. Потрошње воде знатно брже расте од експлоатације нових изворишта и изградње додатних преносних система. Сви

водоводни системи имају недопустиво велике губитке воде због застарелих дистрибутивних мрежа и ненаменског коришћења водовода.

Због недовољне заштите изворишта јављају се све значајнији проблеми са квалитетом воде. Дотрајале водоводне цеви пропуштају различите загађиваче и узрочник су појаве бројних болести. У сеоским насељима развој водовода је био неплански, без ангажовања стручњака и валидне техничке документације, што је проузроковало бројне проблеме.

9.2.2. Наводњавање

Коришћење воде за наводњавање је организовано само местимично у сливу. Веће количине воде за ову сврху могле би се обезбедити уз помоћ акумулисаних залиха воде.

У сливу Сврљишког Тимока постоји потреба за наводњавањем обрадивих површина низводно од Ргошта, у Сврљишкој котлини и око Грзанске реке. Подмиривање ових потреба може се остварити акумулирањем вода у узводном делу Сврљишког Тимока. Изградња планиране акумулације „Околиште“ на Околишкој реци осим наводњавања могла би да обезбеди и локално водоснабдевање.

Проблем наводњавања обрадивих површина у Зајечарској котлини, као и на левој и десној обали Белог Тимока до Вратарнице и на десној обали низводно од Вратарнице, могао би да се реши изградњом планиране акумулације „Бараница“ на Трговишком Тимоку и пребацивањем воде низводно.

У Кривом Виру, Јабланици, у долини Злотске реке и у Зајечарској котлини воде из акумулације „Боговина“, осим за водоснабдевање, могле би се користити и за наводњавање око 6 000 ha пољопривредних површина у сливу Црног Тимока.

У непосредном сливу Великог Тимока за наводњавање пољопривредних површина у власништву Пољопривредног добра „Салаш“ користи се акумулација „Совинац“ и Глоговачко језеро. Наводњавање површина код Тамнича обезбеђује се тренутно и без подизања акумулација.

У табели 74 приказане су количине воде које су у току 2009. године биле утрошене за наводњавање пољопривредних површина, а подразумева сва три начина наводњавања (капањем, орошавањем и површински).

Табела 74 – Коришћене воде за наводњавање у току 2009. године (1 000 m³)

Слив	Укупно	Из водотока	Из подземних вода	Из акумулација
Тимок	308	-	300	8

Извор: Републички завод за статистику, Екобилтен 2009.

9.2.3. Хидроенергетика

Ђорђе Станојевић је 1901. године у књизи *Електрична индустрија у Србији* записао: „Не мала снага, и то на више места могла би се добити и од Тимока. Сврљишки, као и Трговишки Тимок врло угодно леже према Књажевцу, а по свој прилици нашло би се угодно место да се Тимок употреби и за Зајечар ако каква друга река не би могла за то згодније послужити“ (Рославцев, 2009).



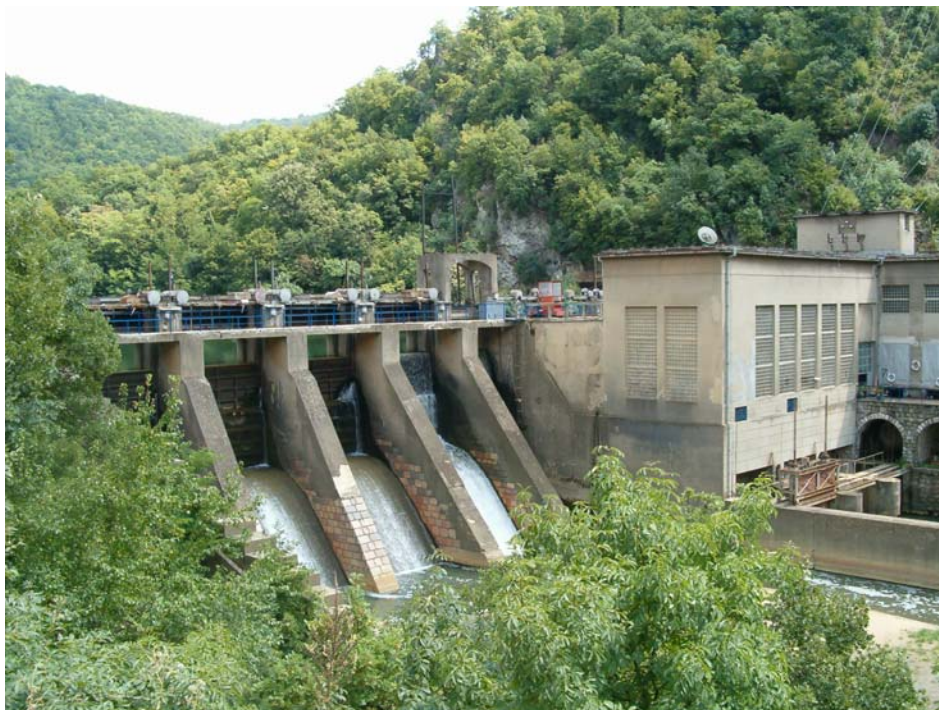
Слика 115 – ХЕ „Гамзиград“

Према Водопривредној основи Републике Србије (2001) природни хидроенергетски потенцијал Тимока је $276 \cdot 10^6$ kWh/год., Црног Тимока $151 \cdot 10^6$ kWh/год. и Сврљишког Тимока $77 \cdot 10^6$ kWh/год. Коришћење водних снага слива

Тимока је знатно испод могућности, јер није било праћено изградњом већих акумулационих басена за изравнавање веома колебљивог протицаја.

Прва хидроелектрана у сливу изграђена је у Гамзиграду. Два агрегата, снаге 320 kW, у погону су од 1. XI 1909. године. Хидроелектрана „Гамзиград“ налази се у долини Црног Тимока, на месту званом Бељигово. Смештена је с једне стране брда, око кога у виду меандра тече Црни Тимок, а на другој страни је изграђена брана којом је преграђена река. Од бране вода Црног Тимока се доводи до електране прокопаним тунелом кроз брдо. Дужина канала је 160 m, а од тога 60 m тече тунелом. Утврђено је да је то погодно место за подизање хидроелектране због великог пада Црног Тимока. Брана, дугачка око 50 m, изграђена је од зиданог камена, а на њеној десној страни је направљено преливно поље. Током Првог светског рата хидроелектрана је била оштећена и радила је са прекидима.

Производња електричне енергије у ХЕ Гамзиград 1936. године износила је 270 000 kWh, а данас износи око 1 200 000 kWh (Рославцев, 2009).



Слика 116 – ХЕ „Соколовица“

Код села Чокоњар, у клисури Великог Тимока познатој под називом Велика клисура или клисура Соколовица, изграђена је 1948. године ХЕ „Соколовица“.

Она је прва хидроелектрана изграђена у Србији након Другог светског рата. Њена годишња производња електричне енергије износи око 12 милиона kWh. Великом количином вученог наноса акумулациони басен хидроелектране, планиран за седмодневно изравнавање воде, засут је за само неколико година, због чега ради као проточан хидроенергетски објекат.

Табела 75 – Преглед постојећих хидроелектрана у сливу Тимока

Редни број	Назив хидроелектране	Број агрегата	Инсталисана снага агрегата (kW)	Годишња производња у kWh		Власништво
				2007. године	могућа	
1	Соколовица	2	4 400,0/805,0	6 973 444	10 000 000	Електротимок Зајечар
2	Гамзиград	2	320,0	930 000	1 000 000	Електротимок Зајечар
3	Борско језеро	1	90,0	22 000	27 000	ТИР-РТВ Бор
4	Црни Врх	1	44,0	43 700	132 000	Митровић Звонко
5	Црни Врх 1	2	11,0/20,0	111 540	100 000	Никић Вујица
6	Црни Врх 2	1	15,0	42 755	45 000	Николић Душко
7	Црни Врх 3	1	11,0	20 980	33 000	Пешић Димитрије
8	Градиште	2	11,0/22,0	42 000	99 000	Вељковић Бране
9	Трговиште	1	42,0	12 222	126 000	Косовац Миодраг
10	Бучје	1	11,0	-	33 000	Стаменковић Драгослав
11	Равно Бучје 1	1	7,5	24 217	22 500	Јовановић Божидар
12	Равно Бучје 2	1	15,0	-	45 000	Ненковић Душан
13	Равно Бучје 3	1	11,0	24 000	33 000	Манојловић Србица
14	Равно Бучје 4	1	18,5	75 009	55 500	Стојковић Новица
15	Равно Бучје 5	1	7,5	22 821	22 500	Цветковић Драги
16	Равно Бучје 6	1	22,0	24 504	66 000	Нешић Ђорђе
17	Мездреја	1	55,0	197 760	165 000	Минић Јован
18	Ћуштица	1	7,5	3 922	22 500	Жикић Богдан

Извор: Уредба о утврђивању програма остваривања стратегије развоја енергетике Републике Србије до 2015. године за период од 2007. до 2012. године

Последњих година изградња малих електрана у сливу је интензивна, што доприноси развоју електродистрибутивне мреже у Србији. Једна од њих је и хидроелектрана „Градиште“, саграђена на средњем току Алдиначке реке, притоци Трговишког Тимока, у теснацу клисуре који је најужи део долине. Постројење се

налази 12 km од Књажевца, у оквиру парка природе Стара планина. Изграђено је у периоду 1992–1994. година и приватно је власништво. Радови на овој хидроелектрани су укључивали изградњу бране и хидроакумулационог језера површина око 1 ha, са просечном дубином од 5 m. У општини Књажевац 2006. године постојало је 13 приватних малих хидроцентрала. У табели 75 дат је преглед хидроелектрана на проучаваном простору, а све спадају у групу малих хидроелектрана.

9.3. Стратегије и програми одрживог коришћења водних ресурса

Спор процес укључивања Србије у токове одрживог развоја и реализације активности које воде ка достизању одрживог развоја узрокован је различитим околностима које су се дешавале у Србији током 90-тих година XX века. У периоду када је на глобалном нивоу прихваћен концепт одрживог развоја, у Србији и републикама бивше Југославије дешавале су се крупне политичке промене. То је условило да важна светска догађања буду ван интересовања тадашње државе.

У време одржавања Светског самита о заштити животне средине и развоју у Риу де Жанеиру и усвајања *Агенде 21* која је препоручила свим земљама света да донесу националне стратегије одрживог развоја, Србија се налазила у рату, санкцијама и великој економској кризи. Ипак, током 90-тих година XX века Србија је почела да се укључује у регионалне и међународне програме, што је допринело увођењу принципа одрживог развоја у различите секторе.

Најважније међународне институције за управљање водним ресурсима и заштиту вода су организације система УН-а, како на глобалном тако и на ужем нивоу. Ту се издвајају Програм заштите животне средине Уједињених нација (United Nations Environment Programme), Развојни програм Уједињених нација (United Nations Development Programme) и Организација за економску сарадњу и развој (Organisation for Economic Co-operation and Development), а значајну улогу имају Светска банка и Глобални механизам за финансијску подршку у области животне средине (ГЕФ). Организације регионалног и субрегионалног карактера важне за сарадњу у Подунављу су: Економска комисија за Европу Уједињених

нација (United Nations Economic Commission for Europe), Агенција ЕУ-а за животну средину (European Environment Agency), Европска агенција за реконструкцију и развој (European Agency for Reconstruction), Међународна комисија за заштиту реке Дунав (International Commission for the Protection of the Danube River), Дунавски форум за животну средину (Danube Environmental Forum) и Пакт за стабилност Југоисточне Европе (Stability Pact for South Eastern Europe).

Значајан напредак према достизању одрживог развоја у Србији учињен је почетком овог века израдом стратешких докумената: Националног програма заштите животне средине (2010) и Националне стратегије одрживог развоја (2008).

Израда Националног програма заштите животне средине почела је 2004. године уз подршку Европске агенције за реконструкцију. Усвојен је 2010. године од стране Владе Републике Србије, а на основу Закона о заштити животне средине. То је најважнији стратешки и интерсекторски документ из области заштите животне средине којим се обезбеђује планирање и управљање у тој области. У остваривању циља одрживог развоја овај програм омогућује решавање кључних националних проблема заштите животне средине и један је од важних докумената који је коришћен за израду Националне стратегије одрживог развоја.

Влада Републике Србије започела је 2005. године израду Националне стратегије одрживог развоја. Стратегија је настала као одговор на позив Светског самита Уједињених нација одржаног у Јоханесбургу, упућеног свим земљама, да започну израду националних стратегија одрживог развоја. Пројекат је реализован уз помоћ Развојног програма Уједињених нација, а финансијску подршку за израду пружила је Шведска агенција за међународну развојну сарадњу (Swedish International Development Cooperation Agency). У изради пројекта учествовао је велики број државних институција, представника привредног сектора и организација цивилног друштва.

Године 2008. Влада Републике Србије је усвојила Националну стратегију одрживог развоја, који је дефинисан као „... циљно орјентисан, дугорочан, свеобухватан и синергетски процес који утиче на све аспекте живота (економски, социјални, еколошки и институционални) на свим нивоима“ (Национална стратегија одрживог развоја, 2008). У области вода одрживи развој подразумева

оптимално управљање, очување и унапређење квалитета вода и њихово рационално коришћење. Стратегијом су одређени секторски циљеви одрживог коришћења водних ресурса. То су:

- „- усклађивање националних прописа у области вода са законодавством ЕУ, а посебно примена Оквирне директиве о водама ЕУ;
- повећање доступности квалитетне воде кроз пораст прикључености становништва на јавне системе за водоснабдевање;
- смањење губитака у водоводним системима;
- заштита и унапређење квалитета воде у акумулацијама намењеним за водоснабдевање;
- побољшање стања квалитета воде у водотоцима, пре свега изградњом и ефикаснијим радом постојећих постројења за пречишћавање отпадних вода, као и контролисаним коришћењем ђубрива и средстава за заштиту биља;
- санација и ремедијација загађених водотокова;
- успостављање економског вредновања воде и услуга, применом принципа „загађивач плаћа” и „корисник плаћа”;
- одговарајућа институционална и територијална организација сектора вода;
- дефинисање правног статуса и власничка трансформација водoprивредних предузећа;
- решавање проблема комуналних вода, по моделу јавно-приватног партнерства за веће градове, а преко државних инвестиционих активности за мања насеља;
- увођење регулаторне функције;
- обезбеђење учешћа јавности и укључење корисника у свим фазама управљања водама“ (Национална стратегија одрживог развоја, 2008).

9.4. Концепти и примена индикатора одрживог развоја

Паралелно са препознавањем одрживог развоја као мултидимензионалног процеса, у последњој деценији XX века почели су се развијати индикатори одрживог развоја. Њихов циљ је да укажу на везе и међусобне утицаје различитих области једних на друге, а користе се за „мерење“ и праћење напретка у достизању оваквог развоја. Разликују се од „традиционалних“ мера раста и

напредка, који су дефинисани појединачно за различите области (друштво, економију и др.) и као такви се користе за оцену напретка у конкретној области. Најчешће коришћен тзв. „традиционални индикатор“ је бруто домаћи производ.

Програм активности према одрживом развоју – *Агенда 21*, који је усвојен 1992. године у Риу де Жанеиру је први званични документ који је позвао међународне организације и државе да дефинишу нове индикаторе – индикаторе одрживог развоја. С обзиром на значај вода за достизање одрживог развоја, сви сетови индикатора одрживог развоја у себи садрже водне индикаторе. Најчешће примењивани водни индикатори и индекси за доношење одлука у управљању водама у Европи су: Фалкенмарков индикатор водног стреса (Falkenmark Water Stress Indicator), Индекс у сушном периоду (Dry Season Flow Index), Индекс расположивости вода (Water Availability Index), Индекс основних људских потреба (Basic Human Needs Index), Индекс несташнице воде (Index of Water Scarcity), Индекс водног сиромаштва (Water Poverty Index) (Water Strategy Man, 2004).

Један од најчешће примењиваних показатеља је *Фалкенмарков индикатор водног стреса (Falkenmark Water Stress Indicator)* који представља однос годишње количине расположивих водних ресурса у неком региону и броја становника. Распоживост воде испод $1700 \text{ m}^3/\text{ст./год.}$ сматра се недостатком воде и у зависности од расположивих количина је ограничавајући фактор за живот и економски развој (Ченгић, 2009).

Индекс у сушном периоду (Dry Season Flow Index) узима у обзир временску променљивост расположивости водних ресурса, што је од суштинског значаја за регионе са кишним и сушним периодима. Овај индикатор се рачуна дељењем запремине отицања у време сушне сезоне са бројем становника (Water Strategy Man, 2004).

Индекс расположивости вода (Water Availability Index) укључује површинске воде као и ресурсе подземних вода и пореди их са укупним потребама за водом свих сектора (домаћинства, индустрије, пољопривреде) (Water Strategy Man, 2004).

Индекс основних људских потреба (Basic Human Needs Index) заснива се на коришћењу воде, за разлику од већине других индекса базираних на расположивости вода (Water Strategy Man, 2004).

Индекс несташице воде (Index of Water Scarcity) указује на интензитет коришћења водних ресурса. Изражен је проценом укупно захваћене количине воде у односу на укупно расположиве количине воде (Water Strategy Man, 2004).

Индекс водног сиромаштва (Water Poverty Index) базира се на успостављању везе између недостатка воде и социо-економских аспеката друштва (Ченгић, 2009). За развој овог индекса примењен је интердисциплинарни приступ за оцену водног стреса, на начин везања физичке расположивости вода са социо-економским покретачима сиромаштва.

У Србији на Националној листи индикатора заштите животне средине дефинисана су два индикатора, први за тематску целину воде и други за одрживо коришћење природних ресурса. Индикатори са Националне листе индикатора заштите животне средине и Националне стратегије одрживог развоја Србије указују да је праћење одрживог развоја процес који обухвата формулисање политике и акционог плана, анализу стања и редован мониторинг (Правилник о националној листи индикатора заштите животне средине).

У Агенцији за животну средину Републике Србије развијен је индикатор животне средине *Српски индекс квалитета воде (Serbian Water Quality Index)*. Индикатори квалитета површинских вода методом *Српски индекс квалитета воде* настали су компарацијом показатеља квалитета према нашој класификацији (Уредба о класификацији вода међурепубличких водотока, међудржавних вода и вода обалног мора Југославије) и оригиналној методи WQI. У раду је овај индекс израчунат за утврђене профиле у сливу, на којима се систематски испитује квалитет воде: Тимок (профил Чокоњар), Борска река (профил Рготина), Бели Тимок (профил Зајечар) и Црни Тимок (профил Зајечар). Анализирани су следећи параметри: zasiћеност кисеоником, БПК₅, амонијум јон, укупни азот, суспендовне материје, ортофосфати, електропроводљивост, температура воде, колиформне бактерије и *pH* вредност. Резултати су приказани у поглављу о квалитету воде.

Други индикатор је *Индекс експлоатације воде (Water Exploitation Index – WEI)*, који је осмишљен од стране Европске агенције за животну средину

(European Environment Agency). Дефинише се као индикатор притиска захваћених водних ресурса на одрживо коришћење обновљивих водних ресурса. На тај начин се идентификују оне земље и сливови који имају велико захватање воде у односу на њихове ресурсе и стога су склони да трпе проблеме водног стреса. Водни стрес настаје када захтеви за водом превазилазе расположиве количине воде или када лош квалитет вода ограничава њихово коришћење. Корисници делују на експлоатабилне могућности водних ресурса утичући на водни стрес.

Индикатор WEI се израчунава дељењем годишње количине захваћених водних ресурса са укупним обновљивим ресурсима (током дужег временског периода и за одређену област).

Сугерише се да неке граничне вредности указују на ниво одрживости водних ресурса. Праг упозорења може бити WEI 25%, а вредност од 25–50% указује на ризичну експлоатацију, док је прекомерна ако је индекс од 50–75%. Вредност индекса од 75–100% указује на неодрживу експлоатацију (European Environment Agency – ЕЕА, 2013).

У Европи, земље које нису изложене водном стресу налазе се углавном у њеном централном и северном делу (50% европске популације). Земље са slabим нивоом водног стреса су: Румунија, Белгија, Данска, Турска, Грчка и Португалија (32% европске популације). Четири земље (Кипар, Малта, Италија и Шпанија) су са водним стресом (18% европске популације) (<http://www.eea.europa.eu/data-and-maps/indicators/water-exploitation-index/water-exploitation-index>). Поједине европске земље су израчунале индекс експлоатације воде и на нивоу речних сливова, на основу чега су на националном нивоу издвојене области са израженим „водним стресом“, као нпр. у Шпанији, Ирској, Великој Британији, Француској и Португалији.

За земље чланице Европске агенције за животну средину израчунат је WEI и на основу резултата Србија, без Аутономне покрајине Косово, сврстана је у „безбедну зону“ са вредношћу WEI на националном нивоу између 11–20% (Towards efficient use of water resources in Europe, 2012).

Главни проблем у вези са коришћењем овог индикатора јесте да резултати још увек не одражавају у потпуности ниво притиска на локалне водне ресурсе. Главни разлог тога лежи у чињеници да се овај индикатор базира на подацима на

годишњем нивоу, а не узима у обзир сезонске варијације у доступности и коришћењу воде. Због тога се може десити да се иза добијених резултата крију потпуно супротне ситуације, па нас такви подаци могу навести на погрешне закључке. На пример, у јужној Европи током летњих месеци потражња за водом достиже врхунац због потреба туризма и пољопривреде, а у исто време обновљиви водни ресурси достижу минималне вредности. Просечан годишњи индекс експлоатације не региструје ту ситуацију, због чега не може ни да одрази опасност коју она може да представља по водни екосистем и коришћење воде за људске потребе.

Постоје различита мишљења о томе шта све треба да се укључи у захваћене водне ресурсе. Према неким препорукама, све захваћене водне ресурсе који се одмах враћају у водоток (нпр. вода за проточно хлађење) треба искључити. Ово доводи до практичних тешкоћа у израчунавању индекса, јер извори података не дају увид у различиту примену воде. Поставља се и питање колико су захваћени и обновљиви водни ресурси тачно утврђени, посебно када захваћени водни ресурси достижу максимум, а обновљиви водни ресурси минимум.

Уочавајући да различите форме изворног индекса (WEI) имају извесна ограничења, Европска агенција за животну средину се концентрисала на усавршавање и бољу формулацију овог индекса. У сарадњи са стручњацима који се баве квантитетом воде у Европској информационој и осматрачкој мрежи (European Environment Information and Observation Network) и Радном групом Оквирне директиве ЕУ-а о водама (EU Water Framework Directive) о недостатку воде и сушама, покренуто је даље прикупљање података у циљу израчунавања модификованог индекса експлоатације воде (WEI+), који треба да помогне у превазилажењу неких недостатака изворне формуле. Прихваћена је нова дефиниција која гласи: „Главни циљ предложеног WEI+ индекса је да се редефинише стварни потенцијал воде која је расположива за експлоатацију (тј. њена доступност), па он обухвата враћање воде у систем и узима у обзир промене у складиштењу воде, решава питање временског и просторног нормирања података и предлаже коришћење стандарда заштите животне средине у дефинисању одговарајућих граничних вредности“ (European Environment Agency – ЕЕА, 2013). WEI+ је изражен следећом формулом:

$$WEI+ = \frac{\text{захваћени водни ресурси} - \text{вода враћена у систем}}{\text{обновљиви водни ресурси}}$$

WEI+ се израчунава дељењем разлике укупно захваћене воде и испуштене (враћене) воде након употребе у систем са обновљивим водним ресурсима. Предложена су два начина да се изрази именилац (обновљиви водни ресурси). Прва могућност односи се на израчунавање обновљивих водних ресурса на основу једначине водног биланса, узимајући у обзир падавине, стварну евапотранспирацију, промене у природним акумулацијама и екстерни доток. Друга могућност се односи на израчунавање обновљивих ресурса на основу отицаја, захваћених вода, испуштене (враћене) воде након њене употребе и промену унутар вештачких акумулација. У пракси, покушај да се WEI+ израчуна на основу података Европске информационе и осматрачке мреже је пропао јер добијени резултати нису били реални и изазивали су критику од стране држава чланица које на добијеним мапама нису могле да уоче проблеме везане за недостатак воде, који је у тим земљама присутан. Из наведеног разлога, неопходно је размотрити зашто прорачун по усвојеној формули на основу званичних података даје неприхватљиве резултате (European Environment Agency – ЕЕА, 2013).

С обзиром да је WEI у принципу широко прихваћен као индикатор, његово израчунавање је нормирано како би се створила слика о укупним ресурсима пре њиховог захватања за различите потребе. За израчунавање индекса експлоатације воде у сливу Тимока прихваћен је нормирани WEIn. У пракси, нормирани WEIn се израчунава када се захваћени водни ресурси поделе са збиром отицаја и захваћених водних ресурса умањених за количину воде враћене у систем након њене употребе.

$$WEIn = \frac{\text{захваћени водни ресурси}}{\text{отицај} + \text{захваћени водни ресурси} - \text{вода враћена у систем}}$$

За прорачун овог индикатора за слив реке Тимок подаци о количини захваћене воде и испуштене отпадне воде преузети су од Републичког завода за

статистику Републике Србије. На располагању су били само подаци о количинама воде из јавних система водоснабдевања и то укупно захваћене количине површинских и подземних вода, преузете воде из других сливова, односно другог јавног водовода, као и укупне испуштене отпадне воде са јавном канализацијом.

Током 2009. године у сливу Тимока укупно захваћена количина воде за јавни водовод је износила $12\,194\,000\text{ m}^3$, а за наводњавање је захваћено укупно $308\,000\text{ m}^3$ воде (Екобилтен, 2009). У прорачун индикатора је ушла и запремина површинског и подземног отицаја у вишегодишњем периоду која износи $743,55 \cdot 10^6\text{ m}^3$. Количина испуштене отпадне воде са јавном канализацијом током 2009. године је износила $6\,105\,000\text{ m}^3$ (Екобилтен, 2009). На основу ових података израчунат је нормирани индекс експлоатације воде (WEIn) за слив Тимока и он износи 1,6%. Вредност индикатора показује да захватање воде у сливу није велико у односу на водне ресурсе и да су они одрживи на дужи период.

Непотпуност података о количини испуштених отпадних вода у сливу Тимока, односно недостатак података о испуштању отпадних вода из индустрије сопственим канализационим системима, одражава се на прорачунати индикатор, односно његова вредност је мања у односу на стварну.

Са становишта доступности података о количини захваћене воде и испуштене отпадне воде, показало се да је у нашој земљи израчунавање овог индекса за ниво речног слива сложенији и захтевнији од прорачуна индекса за национални или ниво локалне заједнице.

У сливу Тимока, као и у Србији, присутна су бројна ограничења за развој индикатора одрживог развоја. Најзначајнији разлози непостојања већег броја водних и других индикатора одрживог развоја везани су за постојеће слабе статистичке капацитете, неуређеност система прикупљања и обраде података. Прикупљање сирових података се обавља у великом броју институција у којима служе за интерну употребу и међу њима се подаци најчешће не размењују. Број и врста прикупљених података се значајно разликују међу институцијама, због чега је обједињавање истих на нивоу административних јединица (месних заједница, општина, државе) или речних сливова веома отежано или најчешће немогуће. Врста и обим података који се тренутно прикупљају у свим институцијама омогућавају развој веома малог броја индикатора.

10. ПРИМЕНА ГЕОГРАФСКИХ ИНФОРМАЦИОНИХ СИСТЕМА У ХИДРОЛОШКИМ ИСТРАЖИВАЊИМА СЛИВА ТИМОКА

Одрживи развој подразумева континуирано бављење питањима развоја и управљања природним ресурсима. Вода, клима, земљиште, биљке, животиње и људи, као и начини њихове међусобне повезаности се налазе у најужој сфери управљања одрживим развојем. У циљу остваривања одрживог развоја неопходно је прикупљати и анализирати велику количину различитих врста информација, на пример, о површинским и подземним водама, количини захваћене воде, количини и квалитету испуштене воде, падавинама, земљишту, коришћењу земљишта, вегетацији, популацији и др. Скенирање и анализа локалних, регионалних и глобалних информација о планирању и управљању одрживим развојем и техничка помоћ у овим областима представља један од изазова којима се бави географски информациони систем (ГИС).

Према наводима С. Смиљанић (2008) географски информациони системи се користе за обраду информација о животној средини већ више од три деценије. Ови системи покривају широк опсег примене, укључујући мониторинг и контролу, анализу података, управљање информацијама, као и планирање и подршку одлучивању. ГИС је у могућности да интегрише географске податке са другим подацима из различитих извора како би обезбедио неопходне информације за ефикасно доношење одлука у планирању одрживог развоја.

Географски информациони системи имају широку примену у хидролошким истраживањима (Kovar & Nachtnebel, 1996; Tsihrintzis et al, 1996; Johnson, 2008). Између осталог, доприносе идентификацији проблема везаних за водне ресурсе и проналаску потенцијалних решења.

У процесу пројектовања географског информационог система за слив Тимока коришћен је као основни софтвер GeoMedia, а као екстерна база података коришћена је MS Access база података. Као софтвер за дигитализацију одабраног скупа података коришћен је MicroStation.

10.1. Израда базе података за слив Тимока

Основна компонента географског информационог система је база графичких података која служи за географско дефинисање елемената простора – ентитета. За сваки ентитет су дефинисане следеће информације: врста ентитета, локација и релационе везе са другим ентитетима и њиховим атрибутима. Графичка база ГИС-а се формира представљањем ентитета простора технологијом дигиталне топографије. Приликом израде ГИС-а важан је избор оптималног решења за формирање базе података и избор облика излазних информација, јер од тога зависи да ли ће информације бити креиране да корисницима буду доступне, препознатљиве и корисне у таквом облику (Милановић и Штрбац, 2007).

База података за слив Тимока је организована око неколико главних категорија података: морфометријске карактеристике сливова, хидрометријске карактеристике река, временске серије података, квалитет воде. Географски информациони систем омогућава повезивање садржаја из база података са конкретним просторним географским појмовима.

С обзиром на карактер података и структуру записа, географски информациони систем Тимока је интегрисао растерске, векторске и алфанумеричке податке. Од растерских података коришћене су скениране топографске карте размера 1:50 000 које су потом геореференциране, односно просторно одређене. Већина векторских података је прикупљена дигитализацијом којом је извршено конвертовање различитих података из аналогног у дигитални облик. Атрибутским подацима су изражене негеометријске карактеристике ентитета. Највећи део атрибутских података у ГИС-у слива Тимока дат је у алфанумеричком облику. Ови подаци су представљени у облику табела. У примењеном софтверу (GeoMedia) табеле се аутоматски придружују просторним подацима. Табеларни подаци су део аналитичких процедура или су коначан излаз анализе у ГИС-у (Јовановић и сарадници, 2012). Сваки ред атрибутске табеле има свој идентификатор. Помоћу заједничког идентификатора који је дефинисан за векторски садржај и атрибутске податке остварена је веза између геометријског (векторског) садржаја и тематских података (слика 117).

GeoMedia Professional - [DataWindow2]

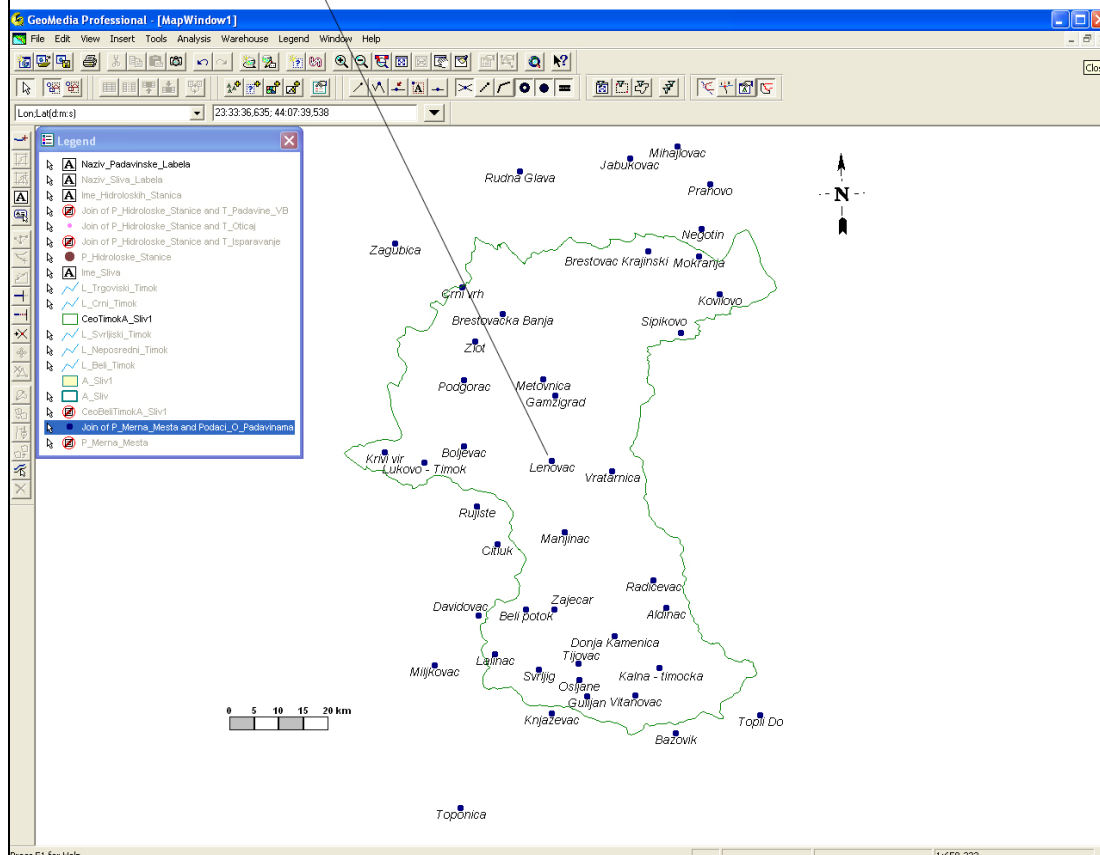
File Edit View Insert Tools Analysis Warehouse Data Window Help

LonLat(d.ms) 21.55.18.700; 44.18.16.879

Join of P_Merna_Mesta and Podaci_O_Padavinama

Baziv_stanice	Vrsta_stanice	X	Y	Z	CoordGeocodeStatus	ID	U_Projektu	Januar_mm	Februar_mm	Mart_mm	April_m
Prahovo	padavinska	7620059,0658	4907363,629	60	1	1	1	47,7	50,7	51,1	61,4
Negotin	klimatolska	7606399,6798	4889254,9489	42	2	1	1	42,5	44,1	49,1	60,5
Brestovac Krajinski	padavinska	7613523,1761	4893619,0259	250	3	1	1	52,5	53,2	60,7	66,4
Mokranja	padavinska	7623937,1644	4892995,9599	60	4	1	1	49,1	48,9	53,9	67,9
Kovlovo	padavinska	7628086,4204	486195,9561	100	5	1	1	48,1	46,3	52,9	62,6
Orni vrh	klimatolska	7576025,4615	4906611,9188	1037	6	1	1	44,3	44,1	49,5	69,3
Brestovacka Banja	padavinska	7584099,0098	4891154,4975	350	7	1	1	45,5	43,7	47,2	61,6
Sipkovo	padavinska	7620222,5854	4877289,8057	280	8	1	1	45,1	48,9	50,5	61,3
Zlot	padavinska	7578558,4464	4875530,8927	300	9	1	1	49,4	45,3	53,3	62
Metovnica	padavinska	7592294,4	4867930,6792	195	10	1	1	44,5	45	47,4	59,9
Podgorac	padavinska	7576243,1377	4867726,5037	370	11	1	1	46,5	45,4	52,9	69,3
Ganzigrad	padavinska	7594749,7219	4864632,0052	250	12	1	1	40,9	40,7	43,6	57,8
Zajecar	klimatolska	7584558,3205	4821297,5923	144	13	1	1	39	39	41,9	55,4
Krivi vr	padavinska	7560322,9609	4853119,9134	420	14	1	1	51,5	51,3	54,8	69,6
Bojevac	padavinska	7576386,385	4854396,0223	300	15	1	1	49,7	41,1	41,4	52,7
Lukovo - Timok	padavinska	7568389,8649	4850975,9623	330	16	1	1	65,7	62,9	68,2	83,3
Lenovac	padavinska	7594135,3958	4851290,1288	300	17	1	1	42,8	37,9	46,2	58,4
Vratarnica	padavinska	7606239,5511	4849249,9476	160	18	1	1	44,4	42,8	51,4	60,6
Rujiste	padavinska	7578953,5206	4842204,7908	545	19	1	1	51,9	52,1	56,6	66,9
Osljane	padavinska	7599620,7088	4806927,1674	480	20	1	1	41,2	42,6	44,3	62,9
Marjinac	padavinska	7596758,2622	4836883,6588	400	21	1	1	44,1	42,2	49,1	60,5
Čitluk	padavinska	7583078,3405	4834477,7784	500	22	1	1	49,8	50,4	52,2	60,9
Radicevac	padavinska	7614668,4218	4827166,2725	550	23	1	1	56,1	52,9	58	82,9
Knjaževac	klimatolska	7594043,9385	4800181,2324	281	24	1	1	41,1	38,3	43,3	53
Bel potok	padavinska	7588900,9471	4821220,396	620	25	1	1	50,1	46,1	50	66,1
Aldinc	padavinska	7617187,8935	4821654,0055	650	26	1	1	55,4	52,6	54,3	73,6
Davidovac	padavinska	7579215,6944	4819988,3337	660	27	1	1	53,1	49,3	49,2	63,1
Donja Kamenica	padavinska	7606769,3922	4815925,0092	280	28	1	1	41,8	44,7	47,3	57,9
Lalinac	padavinska	7592544,2744	4812251,6104	430	29	1	1	48	44,6	46	59,9
Trjavac	padavinska	7598571,615	4810259,5359	630	30	1	1	52,5	49,6	54,6	61,4
Kaina - timocka	padavinska	7615791,3593	4809407,1591	400	31	1	1	46,5	50,1	49,1	64,9
Svinjig	padavinska	7601491,3809	4809034,1144	375	32	1	1	44,7	42,7	44,4	57,2
Osujan	padavinska	7601290,5997	4803618,9054	655	33	1	1	60,2	59,1	63,3	71,1
Vitanovac	padavinska	761014,6011	4803771,6062	600	34	1	1	57,4	58,9	61,5	74,3
Topli Do	klimatolska	7636324,5329	4799787,6956	700	35	1	1	60,1	61,9	52,6	71,4
Bazovik	padavinska	7619254,89	4796134,0794	710	36	1	1	44,3	47	46,8	54,1
Zagubica	padavinska	7562336,391	4895356,207	314	37	1	1	41,1	36,4	38	57,6
Mihajlovac	padavinska	7619533,0247	4915040,7263	85	38	1	1	50	46,2	49,7	69,9
Milkovac	padavinska	7570428,5504	4809892,3341	225	39	1	1	46,3	45,9	45,7	59,6
Jabukovac	padavinska	7610007,7614	4912650,693	175	40	1	1	52	53,6	57,1	69,9
Rudna Glava	padavinska	7587717,0888	4910091,0401	185	41	1	1	49,1	43,7	48,4	62
Toponica	padavinska	7575607,2304	4781064,9915	240	42	1	1	43,8	42,7	46,5	57

Record 17 of 42

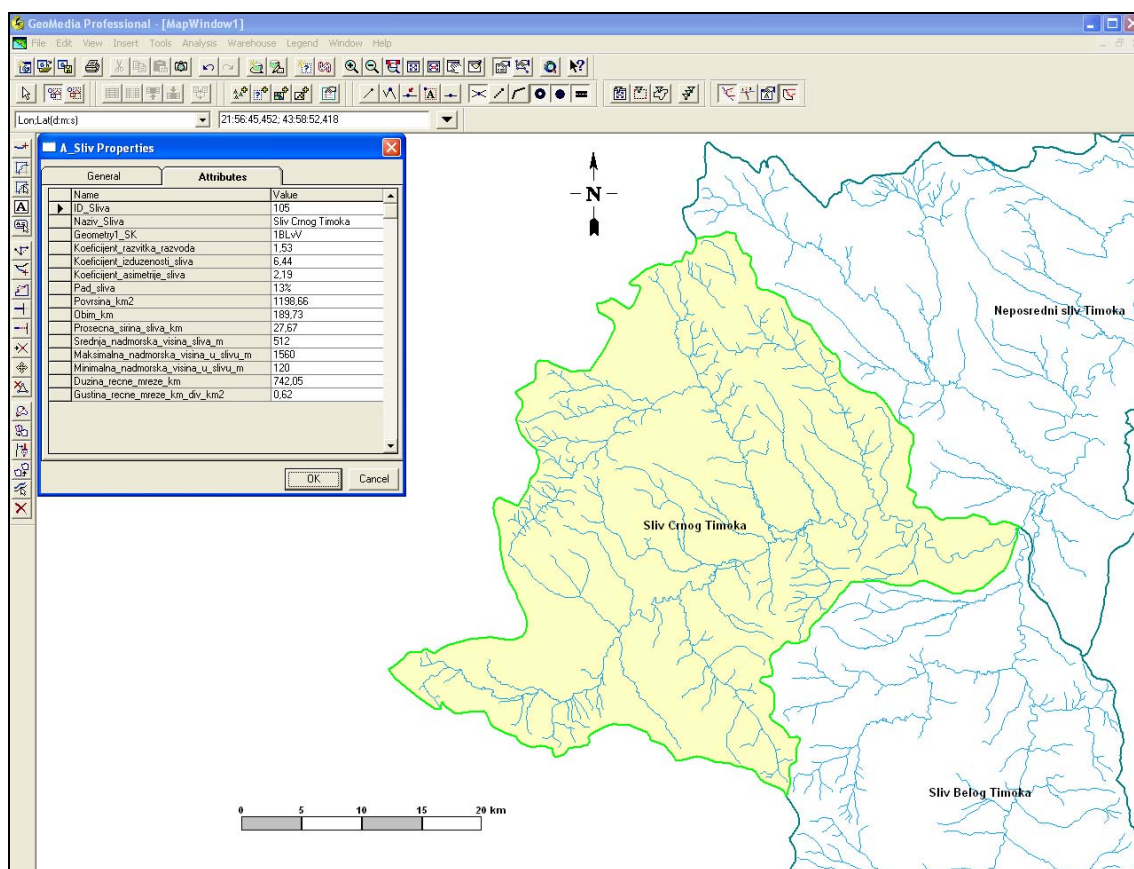


Слика 117 – Вежа геометријских и тематских података (пример са падавинским и климатолошким станицама)

10.2. Презентовање резултата применом ГИС технологије

За климатолошке и падавинске станице, са којих су анализирани подаци, у базу су унети следећи атрибути: назив станице, надморска висина станице, географска ширина и географска дужина станице, као и средњемесечне и средњегодишње количине падавина у периоду 1961–2005. година.

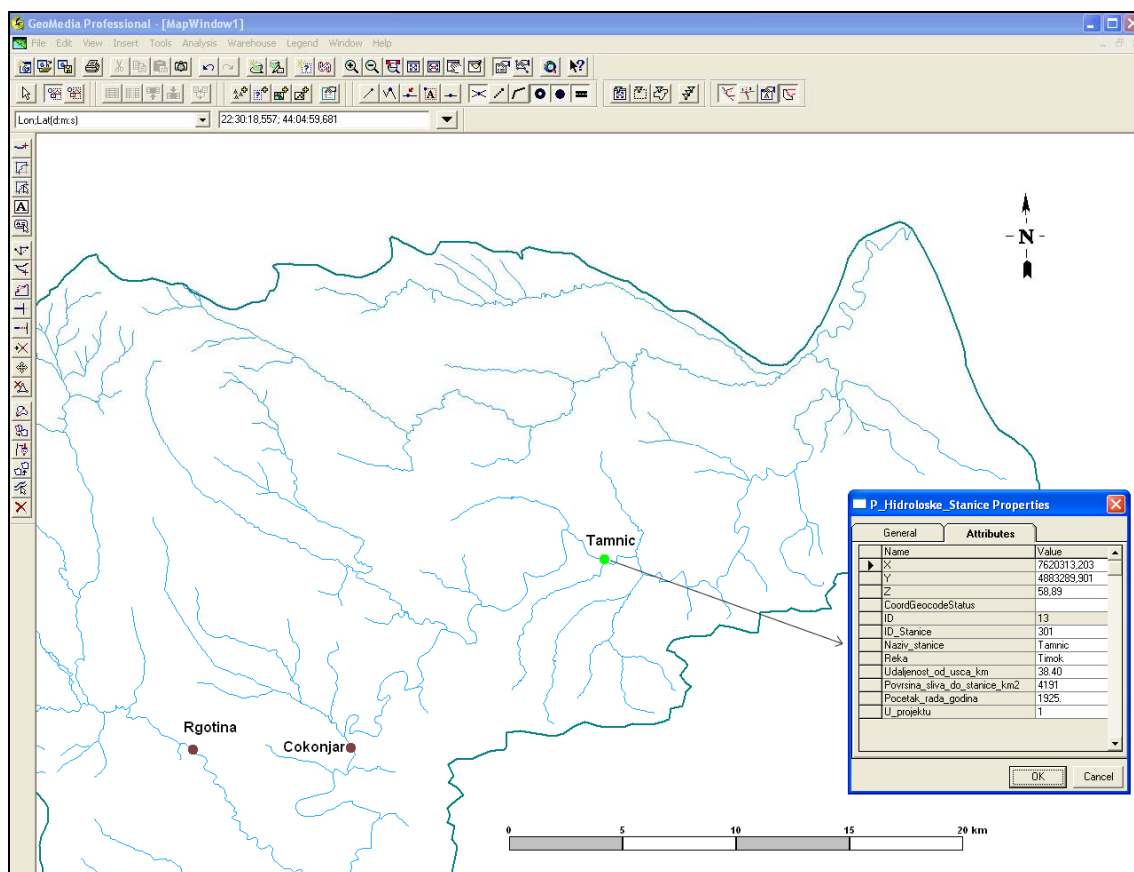
Морфометријски подаци за слив сваког од пет Тимока понаособ унети су у базу података. Ту се налазе следећи подаци: површина слива, обим слива, коефицијент развитка развођа, просечна ширина слива, коефицијент издужености слива, коефицијент асиметрије слива, средња надморска висина слива, максимална надморска висина у сливу, пад слива, дужина речне мреже и густина речне мреже. Поменути коефицијенти су унети у базу, мада се могу добити упитима, као и друге прорачунате одлике слива. На слици 118 је приказан пример креираног информационог система за слив Црног Тимока.



Слика 118 – Пример информационог система за морфолошке одлике слива Црног Тимока

За свих пет Тимока у базу су унети и морфохидрографски показатељи река (дужина реке, коефицијент кривудасти тока, кота извора, кота ушћа и просечан пад водотока).

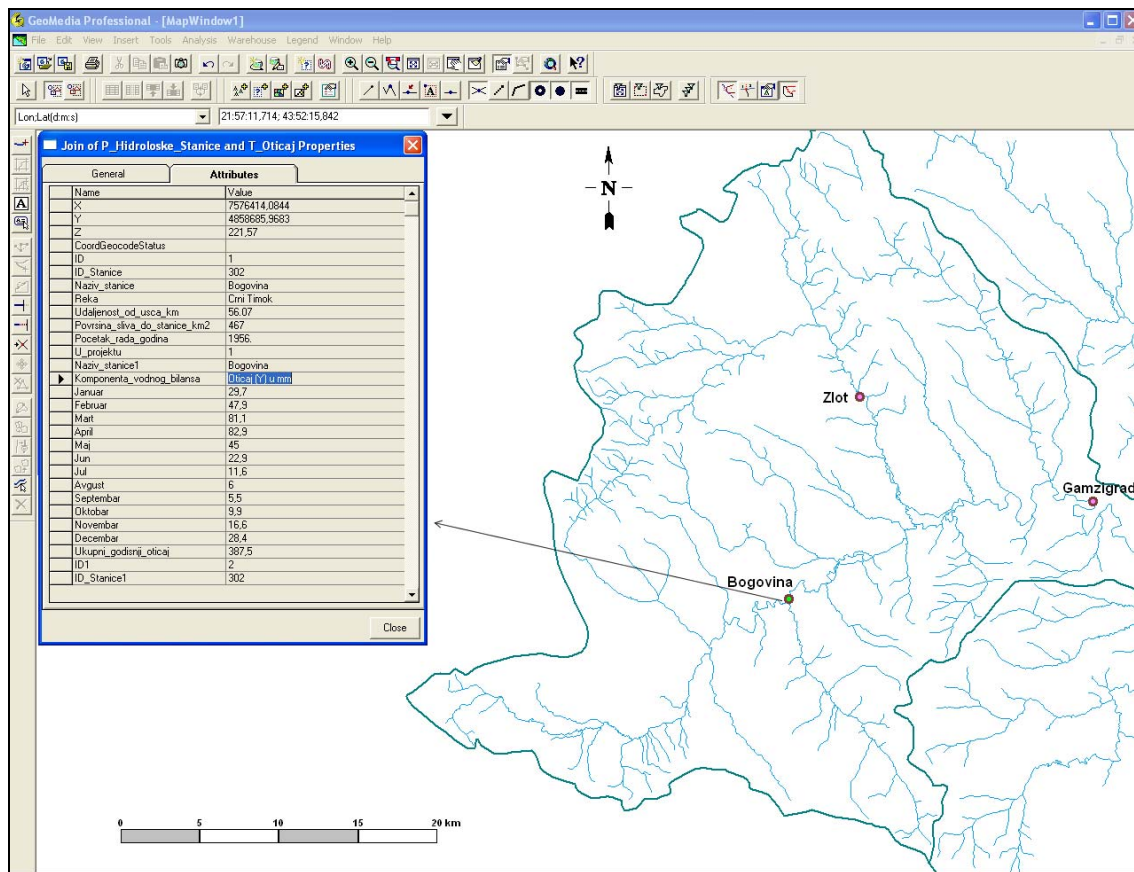
Део урађеног информационог система представљају и подаци о водомерним станицама. У бази се налазе следећи подаци: назив водомерне станице, назив водотока, географска ширина и географска дужина станице, почетак рада станице, удаљеност од ушћа, површина слива до водомерне станице и кота „0“ водомера. Пример који се односи на водомерну станицу Тамнич на Тимоку приказан је на слици 119.



Слика 119 – Пример информационог система за водомерну станицу Тамнич на Тимоку

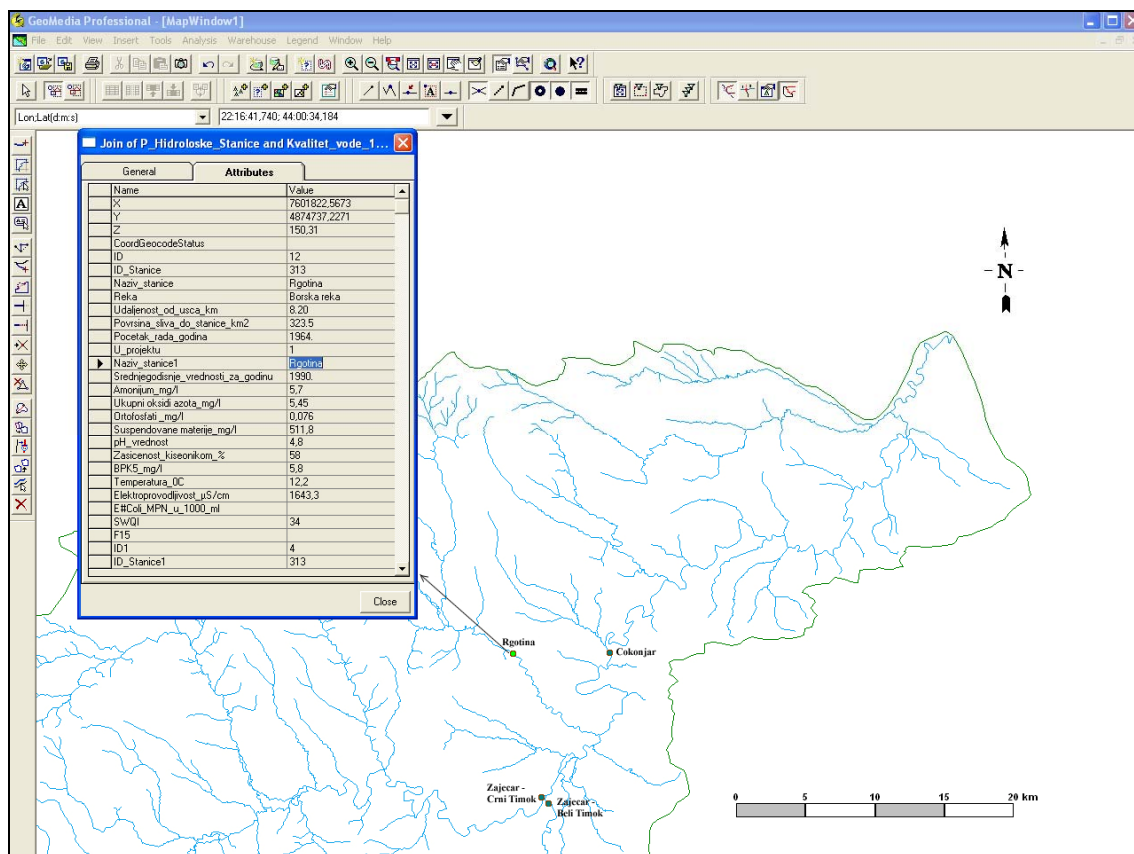
У пројектовану базу података, за анализирани хидролошке станице, су унете средњемесечне и средњегодишње вредности за елементе водног режима (протицај, водостај и специфични отицај) и компоненте водног биланса (падавине, отицај, површински и подземни отицај, испаравање, влага која се

инфилтрира у земљишту, коефицијент храњења реке подземном водом, коефицијент испаравања, коефицијент отицаја) за анализирани период.



Слика 120 – Пример информационог система за компоненте водног биланса (отицај) на хидролошкој станици Боговина

За хидролошке станице Зајечар на Белом Тимоку, Зајечар на Црном Тимоку, Рготина на Борској реци и Чокоњар на Тимоку, на којима се систематски врши испитивање квалитета воде, унете су средњегодишње вредности параметара (засићеност кисеоником, БПК₅, амонијум јон, укупни азот, ортофосфати, суспендовне материје, електропроводљивост, температура воде, колиформне бактерије и *pH* вредност) који су коришћени у израчунавању Српског индекса квалитета воде за период 1990–2009. година (слика 121).



Слика 121 – Пример информационог система за квалитет воде
(хидролошка станица Рготина, подаци за 1990. годину)

За одређивање водног биланса и одрживо коришћење водних ресурса неопходан је веома обиман фонд података и заједнички и синхронизовани рад већег броја институција. Недостатак доступних података је једна од главних препрека коришћења ГИС-а за подршку одлучивању о коришћењу и заштити водних ресурса. Између осталих, неопходно је прикупити, систематизовати и обрадити податке о захватању и испуштању вода, подземним водама, квалитету отпадних вода и сл.

Подаци о подземним водама прикупљају се у већем броју различитих институција (предузећа водовода и канализације, водопривредне организације и сл.). Ови подаци су слабо употребљиви јер нису довољно интегрисани.

Податке о количини захваћене воде и о количинама и квалитету испуштених вода, према важећој законској регулативи, у обавези су да достављају сами корисници. Међутим, контрола и систематизација ових података је недовољна.

Квалитет отпадних вода се практично нигде не осматра систематски, што представља посебан проблем.

Израдом ГИС-а о сливу Тимока формира се слика о квантитативним и квалитативним карактеристикама расположивих вода, затим о коришћењу и употреби вода, као и њиховом загађењу на територији слива током посматраног периода. Излазни резултати би могли да буду прилагођени облику погодном за различите кориснике, што би их учинило директно примењивим. Одређивање водног биланса и израда ГИС-а ће омогућити адекватније сагледавање стања водних ресурса и предузимање одговарајућих мера за очување њихових квалитативних и квантитативних карактеристика.

11. ЗАКЉУЧАК

Заштита, унапређење и рационално коришћење водних ресурса све више постаје примарни задатак савременог друштва у циљу задовољавања његових основних животних потреба, у складу са начелима одрживог развоја. Одређивање водног биланса неке територије представља суштину одрживог развоја, коришћења и управљања водним ресурсима на том подручју.

У раду се тежило својеврсном доприносу методологији и унапређењу логичко-сазнајног поступка при чему су објективност, прецизност и практична примењивост добијених резултата били у фокусу. Допринос је дат описивањем, систематизацијом, објашњењима и новим подацима, као и чињеницом да се водни биланс и одрживо коришћење водних ресурса посматрају у просторном контексту и у узрочно-последичном односу међузависности. Резултати рада би могли да буду прилагођени различитим корисницима, што би их учинило директно примењивим.

Водни режим је анализиран на основу података измерених на 10 хидролошких станица у сливу. Анализа средњемесечних и годишњих водостаја река у сливу је показала да је континуалност кретања водостаја током године (графички представљена једноставном кривуљом, слике 68–77) условљена заједничким дејством плувијалног и нивалног чиниоца. Максимални средњемесечни водостаји забележени су на свим станицама у марту и априлу. Висок водостај почетком и током пролећа јавља се услед отапања снега и киша које се тада излучују. У планинском делу слива отапање снега је продужено на април и мај, што условљава висок водостај на рекама током целог пролећа. Минимални средњемесечни водостаји јављају се у августу и септембру. Од априла водостај на рекама опада све до августа и септембра и поред тога што је максимум падавина у јуну. Екстремна колебања водостаја су најизразитија на Црном Тимоку где измерена амплитуда екстремног водостаја износи 527 cm.

Тимок припада рекама са плувио-нивалним режимом умерено-континенталне варијанте. Режим протицаја Тимока је у директној зависности од режима протицаја његових саставница, Белог и Црног Тимока. Тимок уноси у Дунав просечно $23,56 \text{ m}^3/\text{s}$ воде, са специфичном издашношћу од $5,6 \text{ l/s/km}^2$.

Највећи део вода Тимока формира се у Зајечарској котлини где се стичу Бели и Црни Тимок, који уносе више од $11,46 \text{ m}^3/\text{s}$, односно $10,05 \text{ m}^3/\text{s}$ воде. Амплитуда протицаја показује да је максимални средњемесечни протицај 12,1 пута већи од минималног средњемесечног протицаја, што указује на неуједначен режим протицаја.

Урађена је прогноза обезбеђења воде у рекама и добијени су максимални и минимални протицаји за вероватноће појаве од 0,01 до 99,9%. Полазни параметри су били просечни максимални и минимални протицај, коефицијент варијације и коефицијент асиметрије. На основу добијених резултата конструисана је крива вероватноће појављивања малих и великих вода за одређене профиле у сливу Тимока. Закључено је да се на Белом Тимоку код Зајечара и Црном Тимоку код Гамзиграда може очекивати максимални протицај са вероватноћом 50% од $120,56 \text{ m}^3/\text{s}$, односно $95,58 \text{ m}^3/\text{s}$. Мале воде се могу очекивати сваке године на Белом Тимоку изнад $0,10 \text{ m}^3/\text{s}$, а на Црном Тимоку изнад $0,02 \text{ m}^3/\text{s}$ (вредност која одговара вероватноћи појављивања од 99,9%).

Најиздашнији делови слива су изворишта река која су у планинама и под карстом. Тако Злотска река, лева притока Црног Тимока, има специфични отицај од $14,4 \text{ l/s/km}^2$, док је специфични отицај Тимока (Тамнич) $5,6 \text{ l/s/km}^2$. Распоред отицања у сливу је неповољан, што се веома лоше одражава на коришћење вода, јер је ње најмање у оним деловима слива где су потребе за водом највеће. Зато је у будућем периоду неопходно вршити прерасподелу вода, превођењем из планинских у ниже равничарске пределе.

Подаци о површинском и подземном отицају обрађени су на нивоу месечних и годишњих вредности. Графичком анализом хидрограма и његовим планиметрисањем одређене су разлике између површинског и подземног отицаја. Распоред отицања у току године по месецима и годишњим добима врло је неуједначен и неповољан. Најмање воде отиче и површинским и подземним путем у лето и јесен, у августу, септембру и октобру, а највише у пролеће, у марту и априлу. У односу на укупно отицање, подземни отицај је најмањи у зиму и пролеће, а највећи у лето и јесен, док је код површинског отицаја обрнуто. У анализираном периоду, са слива Белог Тимока је отицало просечно $11,46 \text{ m}^3/\text{s}$, од тога на подземни отицај одлази $4,85 \text{ m}^3/\text{s}$ (42,3%), а $6,61 \text{ m}^3/\text{s}$ (57,7%) на

површински. Са слива Црног Тимока отиче просечно $10,10 \text{ m}^3/\text{s}$, од тога на подземни отицај одлази $4,08 \text{ m}^3/\text{s}$ (40,4%), а $6,02 \text{ m}^3/\text{s}$ (59,6%) на површински. У појединим деловима ових сливова однос између површинског и подземног отицања је различит. Утврђено је да се са порастом надморске висине слива подземни отицај повећава на рачун површинског.

На слив Тимока се у просеку годишње излучи 726,6 mm падавина. Процентуално највише воде падне у пролећним месецима (28% годишњих падавина), а најмање у летњим месецима (26,4% годишњих падавина). Са слива у просеку годишње отиче око 176,7 mm (24,3% годишње суме падавина). Највише воде отиче у пролећним месецима (53,6% годишњег отицаја или 46,5% падавина тог годишњег доба). Најмање отицање падавина је у јесењим месецима (9,2% годишњег отицаја или 9,5% падавина тог годишњег доба).

Годишње у просеку испари 549,9 mm (75,7%) падавина. Најмање испаравање је у марту (18,1 mm), а највеће у јуну (63,1 mm). Од годишњих доба, највећи губитак воде испаравањем је у летњим месецима (170,5 mm или 31% годишње суме испаравања, односно 88,8% падавина тог периода).

У сливу Црног Тимока до профила Боговина и у сливу Злотске реке до профила Злот отицај је већи од испаравања и преко 50% воде од падавина учествује у формирању водног потенцијала слива. Најмањи коефицијент отицаја јавља се у сливу Белог Тимока на профилиу Зајечар (23,2%).

Са површине слива Тимока просечно отиче око $23,56 \text{ m}^3/\text{s}$ воде, што на годишњем нивоу износи $743,55 \cdot 10^6 \text{ m}^3$ воде. То је око $3 \cdot 768 \text{ m}^3$ воде годишње на једног становника слива. Овако привидно велико богатство у количини површинске воде је мање резултат велике издашности слива, а више малог броја становника и мале густине насељености. Најмања густина насељености је у сливу Трговишког Тимока, док је највећа у сливу Сврљишког и Црног Тимока, на чијем подручју се налазе и градови Књажевац и Зајечар. Због различите густине насељености, расположива количина воде по становнику годишње највећа је у сливу Трговишког Тимока, око $11 \cdot 184 \text{ m}^3$, а најмања у сливу Сврљишког Тимока, око $3 \cdot 006 \text{ m}^3$. Да би се превазишла ова неуравнотеженост, неопходна је прерасподела воде, што се може постићи усмеравањем вода из једног у други слив изградњом регионалних водопривредних система.

Квалитет воде је анализиран применом индикатора *Српски индекс квалитета воде* (Serbian Water Quality Index) који је омогућио свеобухватну представу стања квалитета површинских вода у сливу Тимока са анализом тренда. Одређене вредности индекса су резултат промене квалитета воде као последица отпадних вода из насеља и индустријских објеката, рударске активности, пољопривредне производње и дивљих депонија у сливу. Квалитет воде у рекама је различит, од готово незагађених река до потпуно деградираног тока Борске реке.

Погоршање квалитета воде река је нарочито изражено за време лета када су протицаји изузетно мали. Различите активности, усмерене на заштиту површинских и подземних вода и очување животне средине, које би укључиле све заинтересоване стране (привредне и невладине организације, локалне и државне органе власти и сл.), укључујући и ангажовање грађана, могу допринети да се побољша однос према води, ревитализују деградирани и очувају незагађени водотоци у сливу Тимока.

Водоснабдевање становништва и привреде највећим делом се обезбеђује јавним водоводним системима. Они омогућују редовно снабдевање и испоручују воду доброг квалитета која се редовно контролише. У сеоским насељима део становништва се снабдева водом из сеоских водоводних система или из индивидуалних водозахвата. У свим општинама на територији слива највише воде из јавног водовода испоручује се домаћинствима. Индустријском сектору се испоручи највећа количина воде у општини Бор.

Планирано је да се изгради регионални водоводни систем „Боговина“, који би се уз локална изворишта подземних вода, ослањао и на површинске акумулације. Овај систем би имао велики значај за водоснабдевање на територији слива. Осим већ изграђене акумулације „Грлиште“, предвиђена је изградња још две акумулације: „Боговина“ на Црном Тимоку и „Жуковац“ на Алдиначкој реци. Воде из акумулације „Боговина“, осим за водоснабдевање, користиле би се и за оплемењивање малих вода и наводњавање пољопривредних површина, док је акумулација „Жуковац“ предвиђена искључиво за водоснабдевање. Завршетак овог пројекта и почетак функционисања јединственог регионалног водоводног система „Боговина“ не очекује се у скорој будућности због недостатка финансијских средстава.

Највећи проблеми у водоснабдевању су прекомерна и нерационална потрошња квалитетне воде пореклом из акумулација и подземних извора за потребе индустрије, снабдевање водом из индивидуалних водозахвата са повременим лошим квалитетом воде, велики губици воде због застарелих дистрибутивних мрежа.

Коришћење водних снага је знатно испод могућности, јер није било праћено изградњом већих акумулационих басена за изравнавање веома колебљивог протицаја. Последњих година интензивна је изградња малих електрана у сливу, што доприноси развоју електродистрибутивне мреже у Србији.

Србија се споро и несистематично укључује у савремене светске процесе усмерене на достизање одрживог развоја водних ресурса. Због тога ни индикатори одрживог развоја нису препознати као значајни индикатори који помажу при доношењу одлука и планирању и праћењу оваквог развоја. Избор релевантних индикатора, поред осталог, зависи и од расположивости потребних података. С обзиром да расположивост података представља изразит проблем у Србији, неопходно је уложити знатне напоре за унапређење процеса прикупљања, обраде и обједињавања података.

Примена индикатора *Српски индекс квалитета воде* и *индекс експлоатације воде* може представљати значајан помак у одрживом коришћењу водних ресурса у сливу Тимока. Њихова примена доприноси систематичном прикупљању релевантних и квалитетних података за коришћење у практичне сврхе. За израчунавање индекса експлоатације воде у сливу Тимока прихваћен је нормирани WEIn. На основу доступних података он је израчунат за 2009. годину и његова вредност је 1,6%. Вредност индикатора показује да захватање воде у сливу није велико у односу на водне ресурсе и да су они одрживи на дужи рок. Недостатак података о количини испуштених отпадних вода у сливу Тимока одражава се на прорачунати индикатор, односно његова вредност је мања у односу на стварну. Уочено је да недостатак примене овог индикатора лежи у чињеници да се он базира на подацима на годишњем нивоу, а не узима у обзир сезонске варијације у доступности и коришћењу воде. Методологија његовог изучавања у нашој земљи требало би да буде дефинисана уз консултације са широким мултидисциплинарним кругом стручњака и корисника вода. Ово је један

од значајнијих услова прихватања WEI-a као индикатора притиска захваћених водних ресурса на одрживо коришћење обновљивих водних ресурса у Србији.

Како би се дошло до прецизнијих података, у рачунарском програму *MicroStation* урађена је подлога која је омогућила брже и прецизније одређивање морфометријских карактеристика слива и река (дужине водотока, површине слива и подсливова, дужина и ширина слива, обим слива и сл.) у односу на класичну процедуру добијања ових карактеристика. Програм је послужио и за припрему подлоге за *географски информациони систем слива* (геометријски део ГИС-а). Приликом израде географског информационог система за слив Тимока примењен је софтвер *GeoMedia* како би се повезала дигитализована територија слива Тимока из *MicroStationa* са одговарајућом базом података. У оквиру ГИС-а формирана је комплексна база података о морфометријским карактеристикама слива и хидрометријским карактеристикама река, о водном режиму, водном билансу и квалитету воде. Израда комплексног *географског информационог система* о сливу Тимока и проширивање базе података омогућиће и олакшаће будућа хидролошка истраживања.

Друштвени и привредни развој у сливу Тимока требало би да буде праћен одрживим развојем водних ресурса који подразумева међусобну зависност коришћења вода, заштите вода и заштите од вода јер би се тиме допринело целокупном развоју друштва. По *Оквирној директиви о водама* Европске уније, интегрално управљање водама вршиће се по речним сливовима, за које је неопходно израдити планове управљања (*River basin management plan*) који су засновани на детаљним хидролошким анализама. Резултати овог рада могу да допринесу при састављању плана управљања водама у сливу Тимока.

Оваква врста истраживања увек оставља нека питања отвореним и недореченим, јер одређени проблеми захтевају интердисциплинарна истраживања. Посебан проблем представља недостатак података. Као стални задатак хидролога, хидрогеолога и свих који се баве проучавањем вода остаје и даље систематско проучавање и анализа водног биланса слива Тимока, као целине или само једног његовог дела, садашње коришћење, потребе за водом и њено коришћење у перспективи.

Списак табела

- Табела 1 – Списак метеоролошких станица у сливу Тимока и његовом ободу
- Табела 2 – Просечне месечне и годишње температуре ваздуха
- Табела 3 - Апсолутно максималне температуре ваздуха (°C) са датумом појаве
- Табела 4 - Апсолутно минималне температуре ваздуха (°C) са датумом појаве
- Табела 5 – Средњи број летњих дана
- Табела 6 – Средњи број тропских дана
- Табела 7 – Средњи број тропских ноћи
- Табела 8 – Средњи број мразних дана
- Табела 9 – Средњи број ледених дана
- Табела 10 – Средња месечна и годишња инсолација (h)
- Табела 11 – Средња месечна и годишња облачност (1/10)
- Табела 12 – Средње годишње честине, тишине (%) и брзине ветра (m/s)
- Табела 13 – Средње месечне и годишње количине падавина (mm) на ширем простору слива Тимока (1961–2005. година)
- Табела 14 – Број дана са снегом
- Табела 15 – Просечан број дана са снежним покривачем
- Табела 16 – Површине под шумама у општинама
- Табела 17 – Општи хидролошки параметри слива Тимока
- Табела 18 – Основна морфометријска својства река у сливу Белог Тимока
- Табела 19 – Основна морфометријска својства река у сливу Црног Тимока
- Табела 20 – Основна морфометријска својства река у сливу Тимока
- Табела 21 – Морфолошке одлике слива
- Табела 22 – Општи физичкогеографски параметри слива Тимока
- Табела 23 – Расподела површина слива по висинским зонама
- Табела 24 – Мрежа станица површинских вода у сливу Тимока (активне хидролошке станице)
- Табела 25 – Мрежа станица површинских вода у сливу Тимока (укинуте хидролошке станице)
- Табела 26 – Просечни месечни и годишњи протицаји воде у m^3/s (1961–2005. година)
- Табела 27 – Параметри за израчунавање криве обезбеђења максималних годишњих протицаја и израчунати вероватни максимални протицај Црног Тимока код Боговине
- Табела 28 – Параметри за израчунавање криве обезбеђења максималних годишњих протицаја и израчунати вероватни максимални протицај Црног Тимока код Гамзиграда

Табела 29 – Параметри за израчунавање криве обезбеђења минималних годишњих протицаја и израчунати вероватни минимални протицај Црног Тимока код Боговине

Табела 30 – Параметри за израчунавање криве обезбеђења минималних годишњих протицаја и израчунати вероватни минимални протицај Црног Тимока код Гамзиграда

Табела 31 – Параметри за израчунавање криве обезбеђења максималних годишњих протицаја и израчунати вероватни максимални протицај Белог Тимока код Књажевца

Табела 32 – Параметри за израчунавање криве обезбеђења максималних годишњих протицаја и израчунати вероватни максимални протицај Белог Тимока код Вратарнице

Табела 33 – Параметри за израчунавање криве обезбеђења максималних годишњих протицаја и израчунати вероватни максимални протицај Белог Тимока код Зајечара

Табела 34 – Параметри за израчунавање криве обезбеђења минималних годишњих протицаја и израчунати вероватни минимални протицај Белог Тимока код Књажевца

Табела 35 – Параметри за израчунавање криве обезбеђења минималних годишњих протицаја и израчунати вероватни минимални протицај Белог Тимока код Вратарнице

Табела 36 – Параметри за израчунавање криве обезбеђења минималних годишњих протицаја и израчунати вероватни минимални протицај Белог Тимока код Зајечара

Табела 37 – Параметри за израчунавање криве обезбеђења максималних годишњих протицаја и израчунати вероватни максимални протицај Сврљшког Тимока код Ргошта

Табела 38 – Параметри за израчунавање криве обезбеђења минималних годишњих протицаја и израчунати вероватни минимални протицај Сврљшког Тимока код Ргошта

Табела 39 – Највиши и најнижи регистровани водостаји (cm)

Табела 40 – Средњемесечне и средњегодишња вредност специфичног отицаја ($l/s/km^2$) Трговишког Тимока (1961–2005. година)

Табела 41 – Средњемесечне и средњегодишње падавине (y mm), висине отицаја (y mm) и коефицијенти отицаја за Трговишки Тимок (1961–2005. година)

Табела 42 – Средњемесечне и средњегодишња вредност специфичног отицаја ($l/s/km^2$) Сврљшког Тимока (1961–2005. година)

Табела 43 – Средњемесечне и средњегодишње падавине (y mm), висине отицаја (y mm) и коефицијенти отицаја за Сврљшки Тимок (1961–2005. година)

Табела 44 – Средњемесечне и средњегодишња вредност специфичног отицаја ($l/s/km^2$) Белог Тимока (1961–2005. година)

Табела 45 – Средњемесечне и средњегодишње падавине (y mm), висине отицаја (y mm) и коефицијенти отицаја за Бели Тимок (1961–2005. година)

Табела 46 – Средњемесечне и средњегодишња вредност специфичног отицаја ($l/s/km^2$) Црног Тимока (1961–2005. година)

Табела 47 – Средњемесечне и средњегодишње падавине (y mm), висине отицаја (y mm) и коефицијенти отицаја за Црни Тимок (1961–2005. година)

Табела 48 – Средњемесечне и средњегодишња вредност специфичног отицаја ($l/s/km^2$) Тимока (1961–2005. година)

Табела 49 – Средњемесечне и средњегодишње падавине (y mm), висине отицаја (y mm) и коефицијенти отицаја за Тимок (1961–2005. година)

Табела 50 – Протицаји карактеристичних година (m^3/s) Црног Тимока код Боговине

Табела 51 – Протицаји карактеристичних година (m^3/s) Црног Тимока код Гамзиграда

Табела 52 – Протицаји карактеристичних година (m^3/s) Злотске реке код Злота

Табела 53 – Протицаји карактеристичних година (m^3/s) Сврљишког Тимока код Ргошта

Табела 54 – Протицаји карактеристичних година (m^3/s) Трговишког Тимока код Штрпца

Табела 55 – Протицаји карактеристичних година (m^3/s) Белог Тимока код Књажеваца

Табела 56 – Протицаји карактеристичних година (m^3/s) Белог Тимока код Вратарнице

Табела 57 – Протицаји карактеристичних година (m^3/s) Белог Тимока код Зајечара

Табела 58 – Просечни површински и подземни отицај у m^3/s (1961–2005. година)

Табела 59 – Просечни површински и подземни отицај у % од укупног месечног и годишњег отицања (1961–2005. година)

Табела 60 – Компоненте водног биланса слива Сврљишког Тимока

Табела 61 – Компоненте водног биланса слива Трговишког Тимока

Табела 62 – Компоненте водног биланса слива Белог Тимока до профила Књажевац

Табела 63 – Компоненте водног биланса слива Белог Тимока до профила Вратарница

Табела 64 – Компоненте водног биланса слива Белог Тимока до профила Зајечар

Табела 65 – Компоненте водног биланса слива Грлишке реке (1961–1984. година)

Табела 66 – Компоненте водног биланса слива Црног Тимока до профила Боговина

Табела 67 – Компоненте водног биланса слива Злотске реке до профила Злот

Табела 68 – Компоненте водног биланса слива Црног Тимока до профила Гамзиград

Табела 69 – Компоненте водног биланса слива Тимока до профила Тамнич

Табела 70 – Средње вредности анализираних параметара (1990–2009. година)

Табела 71 – Захваћене и преузете воде за јавни водовод у току 2009. године ($1\ 000\ m^3$)

Табела 72 – Захваћене, испоручене воде и губици из јавног водовода по општинама ($1\ 000\ m^3$)

Табела 73 – Испоручене воде из јавног водовода по општинама ($1\ 000\ m^3$)

Табела 74 – Користићене воде за наводњавање у току 2009. године ($1\ 000\ m^3$)

Табела 75 – Преглед постојећих хидроелектрана у сливу Тимока

Списак слика

- Слика 1 – Географски положај слива реке Тимок у Србији
- Слика 2 – Слив Тимока (Прегледно топографска карта 1:300 000, листови Ниш и Пирот. Београд: Војногеографски институт, 1989. година)
- Слика 3 – Геолошка скица слива Тимока (Основна геолошка карта 1:500 000, лист Београд. Београд: Савезни геолошки завод, 1970. година)
- Слика 4 – Рељеф слива Тимока
- Слика 5 – Изохијетна карта слива
- Слика 6 – Река Тимок код Тамнича
- Слика 7 – Бели Тимок у Књажевачкој котлини
- Слика 8 – Трговишки Тимок у Књажевцу
- Слика 9 – Састав Сврљишког и Трговишког Тимока
- Слика 10 – Сврљишки Тимок у Књажевцу
- Слика 11 – Црни Тимок у Гамзиграду
- Слика 12 – Речна мрежа у сливу реке Тимок
- Слика 13 – Уздужни профил реке Тимок
- Слика 14 – Подсливови у сливу реке Тимок
- Слика 15 – Кружни графикон распореда површина слива Тимока
- Слика 16 – Хипсографска крива Трговишког Тимока
- Слика 17 – Хипсографска крива Сврљишког Тимока
- Слика 18 – Хипсографска крива Белог Тимока
- Слика 19 – Хипсографска крива Црног Тимока
- Слика 20 – Хипсографска крива Тимока
- Слика 21 – Борско језеро
- Слика 22 – Грлишко језеро
- Слика 23 – Рготско језеро
- Слика 24 – Акумулација Соколовица
- Слика 25 – Положај хидролошких станица у сливу чији су подаци анализирани у раду
- Слика 26 – Хидрограм средњегодишњих протицаја Црног Тимока код Боговине за период 1961–2005. година
- Слика 27 – Хидрограм средњегодишњих протицаја Црног Тимока код Гамзиграда за период 1961–2005. година
- Слика 28 – Хидрограм средњемесечних протицаја Црног Тимока код Боговине и Гамзиграда за период 1961–2005. година

Слика 29 – Хидрограм средњемесечних малих вода Црног Тимока код Боговине и Гамзиграда за период 1961–2005. година

Слика 30 – Хидрограм средњемесечних великих вода Црног Тимока код Гамзиграда и Боговине за период 1961–2005. година

Слика 31 – Крива вероватноће појаве великих вода реке Црни Тимок (Боговина)

Слика 32 – Крива вероватноће појаве великих вода реке Црни Тимок (Гамзиград)

Слика 33 – Крива вероватноће појаве малих вода Црног Тимока (Боговина)

Слика 34 – Крива вероватноће појаве малих вода Црног Тимока (Гамзиград)

Слика 35 – Хидрограм средњегодишњих протицаја Белог Тимока код Књажевца за период 1961–2005. година

Слика 36 – Хидрограм средњегодишњих протицаја Белог Тимока код Вратарнице за период 1961–2005. година

Слика 37 – Хидрограм средњегодишњих протицаја Белог Тимока код Зајечара за период 1961–2005. година

Слика 38 – Хидрограм средњемесечних протицаја Белог Тимока код Књажевца, Вратарнице и Зајечара за период 1961–2005. година

Слика 39 – Хидрограм средњемесечних малих вода Белог Тимока код Књажевца, Вратарнице и Зајечара за период 1961–2005. година

Слика 40 – Хидрограм средњемесечних великих вода Белог Тимока код Књажевца, Вратарнице и Зајечара за период 1961–2005. година

Слика 41 – Крива вероватноће појаве великих вода реке Белог Тимока (Књажевац)

Слика 42 – Крива вероватноће појаве великих вода реке Белог Тимока (Вратарница)

Слика 43 – Крива вероватноће појаве великих вода реке Белог Тимока (Зајечар)

Слика 44 – Крива вероватноће појаве малих вода Белог Тимока (Књажевац)

Слика 45 – Крива вероватноће појаве малих вода Белог Тимока (Вратарница)

Слика 46 – Крива вероватноће појаве малих вода Белог Тимока (Зајечар)

Слика 47 – Хидрограм средњегодишњих протицаја Сврљишког Тимока код Ргошта за период 1961–2005. година

Слика 48 – Хидрограм средњемесечних протицаја Сврљишког Тимока код Ргошта за период 1961–2005. година

Слика 49 – Хидрограм средњемесечних малих вода Сврљишког Тимока код Ргошта за период 1961–2005. година

Слика 50 – Хидрограм средњемесечних великих вода Сврљишког Тимока код Ргошта за период 1961–2005. година

Слика 51 – Крива вероватноће појаве великих вода Сврљишког Тимока (Ргоште)

Слика 52 – Крива вероватноће појаве малих вода Сврљишког Тимока (Ргоште)

Слика 53 – Хидрограм средњемесечних протицаја Трговишког Тимока код Штрпца за период 1961–2005. година

Слика 54 – Хидрограм средњемесечних малих вода Трговишког Тимока код Штрпца за период 1961–2005. година

Слика 55 – Хидрограм средњемесечних великих вода Трговишког Тимока код Штрпца за период 1961–2005. година

Слика 56 – Хидрограм средњегодишњих протицаја Злотске реке код Злота за период 1974–2005. година

Слика 57 – Хидрограм средњемесечних протицаја Злотске реке код Злота за период 1961–2005. година

Слика 58 – Хидрограм средњемесечних малих вода Злотске реке код Злота за период 1961–2005. година

Слика 59 – Хидрограм средњемесечних великих вода Злотске реке код Злота за период 1961–2005. година

Слика 60 – Хидрограм средњегодишњих протицаја Грлишке реке код Грлишта за период 1961–2005. година

Слика 61 – Хидрограм средњемесечних протицаја Грлишке реке код Грлишта за период 1961–1984. и 1988–2005. година

Слика 62 – Хидрограм средњемесечних малих вода Грлишке реке код Грлишта за период 1961–1984. и 1988–2005. година

Слика 63 – Хидрограм средњемесечних великих вода Грлишке реке код Грлишта за период 1961–1984. и 1988–2005. година

Слика 64 – Хидрограм средњемесечних протицаја Тимока код Тамнича за период 1961–2005. година

Слика 65 – Хидрограм средњемесечних протицаја Тимока код Тамнича за период 1961–2005. година

Слика 66 – Хидрограм средњемесечних малих вода Тимока код Тамнича за период 1961–2005. година

Слика 67 – Хидрограм средњемесечних великих вода Тимока код Тамнича за период 1961–2005. година

Слика 68 – Нивограм реке Трговишки Тимок код Штрпца за период 1980–2005. година

Слика 69 – Нивограм реке Сврљишки Тимок код Ргошта за период 1979–2005. година

Слика 70 – Нивограм реке Бели Тимок код Књажевца за период 1982–2005. година

Слика 71 – Нивограм реке Бели Тимок код Вратарнице за период 1978–2005. година

Слика 72 – Нивограм реке Бели Тимок код Зајечара за период 1965–2005. година
Слика 73 – Нивограм Грлишке реке код Грлишта за период 1961–1984. година
Слика 74 – Нивограм реке Црни Тимок код Боговине за период 1964–2005. година
Слика 75 – Нивограм реке Црни Тимок код Гамзиграда за период 1977–2005. година
Слика 76 – Нивограм Злотске реке код Злота за период 1974–2005. година
Слика 77 – Нивограм реке Тимок код Тамничка за период 1962–1989. година
Слика 78 – Шема раздвајања протицаја површинских (а) и подземних (б) вода (по М. И. Љвовичу)
Слика 79 – Хидрограм Сврљишког Тимока код Ргошта за средњеводну 1975. годину
Слика 80 – Хидрограм Сврљишког Тимока код Ргошта за средњеводну 1999. годину
Слика 81 – Хидрограм Сврљишког Тимока код Ргошта за маловодну 1992. годину
Слика 82 – Хидрограм Сврљишког Тимока код Ргошта за многоводну 1981. годину
Слика 83 – Хидрограм Трговишког Тимока код Штрпца за средњеводну 2001. годину
Слика 84 – Хидрограм Трговишког Тимока код Штрпца за средњеводну 2003. годину
Слика 85 – Хидрограм Трговишког Тимока код Штрпца за маловодну 2000. годину
Слика 86 – Хидрограм Трговишког Тимока код Штрпца за многоводну 2005. годину
Слика 87 – Хидрограм Белог Тимока код Књажевца за средњеводну 1971. годину
Слика 88 – Хидрограм Белог Тимока код Књажевца за средњеводну 2004. годину
Слика 89 – Хидрограм Белог Тимока код Књажевца за маловодну 2001. годину
Слика 90 – Хидрограм Белог Тимока код Књажевца за многоводну 1965. годину
Слика 91 – Хидрограм Белог Тимока код Вратарнице за средњеводну 1982. годину
Слика 92 – Хидрограм Белог Тимока код Вратарнице за средњеводну 2004. годину
Слика 93 – Хидрограм Белог Тимока код Вратарнице за маловодну 2001. годину
Слика 94 – Хидрограм Белог Тимока код Вратарнице за многоводну 1978. годину
Слика 95 – Хидрограм Белог Тимока код Зајечара за средњеводну 1982. годину
Слика 96 – Хидрограм Белог Тимока код Зајечара за средњеводну 1984. годину
Слика 97 – Хидрограм Белог Тимока код Зајечара за маловодну 2000. годину
Слика 98 – Хидрограм Белог Тимока код Зајечара за многоводну 1970. годину
Слика 99 – Хидрограм Црног Тимока код Боговине за средњеводну 1967. годину
Слика 100 – Хидрограм Црног Тимока код Боговине за средњеводну 1978. годину
Слика 101 – Хидрограм Црног Тимока код Боговине за маловодну 2002. годину
Слика 102 – Хидрограм Црног Тимока код Боговине за многоводну 1965. годину
Слика 103 – Хидрограм Црног Тимока код Гамзиграда за средњеводну 1973. годину
Слика 104 – Хидрограм Црног Тимока код Гамзиграда за средњеводну 1999. годину
Слика 105 – Хидрограм Црног Тимока код Гамзиграда за маловодну 1989. годину

- Слика 106 – Хидрограм Црног Тимока код Гамзиграда за многоводну 1974. годину
- Слика 107 – Хидрограм Злотске реке код Злота за средњеводну 1975. годину
- Слика 108 – Хидрограм Злотске реке код Злота за средњеводну 1991. годину
- Слика 109 – Хидрограм Злотске реке код Злота за маловодну 1988. годину
- Слика 110 – Хидрограм Злотске реке код Злота за многоводну 1996. годину
- Слика 111 – Борска река загађена са рудничким и индустријским отпадом
- Слика 112 – Локација хидролошких станица у сливу Тимока на којима се одређује квалитет воде
- Слика 113 – Вредност Serbian Water Quality Index у сливу Тимока у периоду 1990–2009. година
- Слика 114 – Процентуална заступљеност годишњих вредности индикатора Serbian Water Quality Index у периоду 1990–2009. година
- Слика 115 – ХЕ „Гамзиград“
- Слика 116 – ХЕ „Соколовица“
- Слика 117 – Веза геометријских и тематских података (пример са падавинским климатолошким станицама)
- Слика 118 – Пример информационог система за морфолошке одлике слива Црног Тимока
- Слика 119 – Пример информационог система за водомерну станицу Тамнич на Тимоку
- Слика 120 – Пример информационог система за компоненте водног биланса (отицај) на хидролошкој станици Боговина
- Слика 121 – Пример информационог система за квалитет воде (хидролошка станица Рготина, подаци за 1990. годину)

ЛИТЕРАТУРА

Благојевић, М. (1998). Деградација тла у сливу Тимока. *Гласник Српског географског друштва*, 78 (2), 57–64.

Brankov, J., Milijašević, D. & Milanović, A. (2012). The assessment of the surface water quality using the water pollution index: a case study of the Timok River (the Danube River basin). *Archives of Environmental Protection*, 38 (1), 49–61.

Велојић, М. (1998). Вештачка језера општине Зајечар. *Гласник Српског географског друштва*, 78 (2), 64–70.

Вељковић, Н. (2006). *Индикатори одрживог развоја и управљање водним ресурсима*. Београд: Задужбина Андрејевић.

Влада Републике Србије (2008). Национална стратегија одрживог развоја. На основу члана 17. став 1. и члана 45. став 1. Закона о Влади („Службени гласник РС”, бр. 55/05, 71/05-исправка и 101/07).

Влада Републике Србије (2010). Национални програм заштите животне средине. На основу Закона о заштити животне средине („Службени гласник РС”, бр. 36/2009.).

Водопривредна основа Републике Србије (2001). Београд: Министарство за пољопривреду, шумарство и водопривреду и Институт за водопривреду „Јарослав Черни“.

Водопривредна основа водног подручја слива Тимока (1969). Београд: Институт за водопривреду „Јарослав Черни“.

Војногеографски институт (1970). *Топографска карта 1:50 000 – Алексинац 1, Алексинац 2, Алексинац 4, Бела Паланка 1, Бела Паланка 2, Бор 3, Бор 4, Пирот 1*, Београд.

Војногеографски институт (1984). *Топографска карта 1:50 000 – Жагубица 4, Зајечар 1, Зајечар 2, Зајечар 4*, Београд.

Војногеографски институт (1985). *Топографска карта 1:50 000 – Зајечар 3, Ниш 2*, Београд.

Војногеографски институт (1989). *Топографска карта 1:300 000 – Ниш, Пирот*, Београд.

Вујановић, В., Теофиловић, М. (1983). *Бањске и минералне воде Србије*. Горњи Милановац: Културни центар РЈ “Привредна књига“.

Вујевић, П. (1953). Поднебље ФНР Југославије. *Архив за пољопривредне науке*, IV (12).

Вујновић, П. (1995). *Воде Србије – Планови развоја и неке реализације у водопривреди*. Београд: ИРО „Грађевинска књига“.

Гавриловић, Д. и Гавриловић, Љ. (1998). Крас Старе планине. *Зборник радова Географског факултета*, 48, 6–25.

Гавриловић, Љ. (1988). *Хидрологија у просторном планирању*. Београд: Природно-математички факултет Одсек за Географију и просторно планирање.

Гавриловић, Љ. и Дукић, Д. (2002). *Реке Србије*. Београд: Завод за уџбенике и наставна средства.

Гавриловић Љ. и Живковић Н. (2007). Вода – један од најзначајнијих природних ресурса Србије. *Зборник радова са научног скупа „Србија и Република Српска у регионалним и глобалним процесима“*, 205–210.

Global Water Partnership (GWP) (2004). *Catalyzing Change: A Handbook for developing Integrated Water Resources Management and water efficiency strategies*. New York: United Nations Department of Economic and Social Affairs.

Група аутора (1974). *Земљишта басена Тимока*. Београд: Институт за проучавање земљишта.

Група аутора (1976). *Геологија Србије (хидрогеологија) VIII*. Београд: Завод за регионалну геологију и палеонтологију Рударско – геолошког факултета.

Development of a Water Quality Index (1976). Scottish Development Department, Engineering Division, Edinburgh.

Дукић, Д. (1954). Прилог регионалном познавању речних режима у Југославији. *Гласник Српског географског друштва*, 34 (2), 119–138.

Дукић, Д. (1959). Водни биланс ФНР Југославије. *Гласник Српског географског друштва*, 39 (1), 15–36.

Дукић, Д. (1975). Хидрографске особине источне Србије. *Зборник радова Географског института „Јован Цвијић“ САНУ*, 26, 23–94.

Дукић, Д. (1977). *Воде СР Србије*. Београд: Српско географско друштво.

Дукић, Д. и Гавриловић, Љ. (1994). Водни биланс СР Југославије. *Гласник Српског географског друштва*, 74 (1), 47–64.

Дукић, Д. и Гавриловић, Љ. (2006). *Хидрологија*. Београд: Завод за уџбенике и наставна средства.

Дуцић, В. и Анђелковић, Г. (2005). *Климатологија – практикум за географе*. Београд: Географски факултет.

Дуцић, В. и Радовановић, М. (2005). *Клима Србије*. Београд: Завод за уџбенике и наставна средства.

Динић, Ј. (1967). Природни услови и богатства у сливу Белог Тимока. (Докторска дисертација), Географски факултет Универзитета у Београду.

Динић, Ј. (1997). *Природни потенцијал Србије*. Београд: Економски факултет.

Дугорочно водоснабдевање Међуопштинске регионалне заједнице Зајечар (1989). Београд: Институт за водопривреду „Јарослав Черни“.

European Environment Agency – EEA (2013). *Results and lessons from implementing the Water Assets Accounts in the EEA area*. Luxembourg: Publications Office of the European Union.

European Environment Agency – EEA. Преузето са: <http://www.eea.europa.eu/data-and-maps/indicators/water-exploitation-index/water-exploitation-index>

Eurostat, Statistical books, European Commission (2007). *Measuring progress toward a more sustainable Europe – 2007 monitoring report of the EU sustainable development strategy*.

Живковић, Н. (1992). Утицај геолошког састава на густину речне мреже у сливу Тимока. *Гласник Српског географског друштва*, 71 (1), 33–44.

Живковић, Н. (1995). *Утицај физичко-географских фактора на висину отицаја у Србији*. Београд: Географски факултет.

Живковић, Н. (2009). *Просечни годишњи и сезонски отицаји река у Србији*. Београд: Географски факултет.

Живковић, Н. и Анђелковић, Г. (2004). Висински градијенти падавина у Србији. *Гласник Српског географског друштва*, 84 (2), 31–36.

Закон о искоришћавању и заштити изворишта водоснабдевања. *Службени гласник СРС бр. 27/77*.

Пејић, С. (1947). Реčni режими в Југославији. *Geografski vestnik*, 19 (1–4), 71–110.

Исаиловић, Д., Прохаска, С. и Мајкић, Б. (2007). Зависност основних компоненти хидролошког биланса Србије. *Водопривреда*, 39, 239–252.

Јовановић, В. (1984). Речни режими и водопривредни проблеми у сливу Тимока. (Магистарски рад), Географски факултет Универзитета у Београду.

Јовановић, В., Ђурђевић, Б., Срдић, З. и Станков, У. (2012). *Географски информациони системи*. Београд: Универзитет Сингидунум и Универзитет у Новом Саду.

Јовановић, П. (1938). *Уздужни речни профили*. Београд: Штампa државне штампарије Краљевине Југославије.

Johnson, L. (2008). *Geographic Information Systems in Water Resources Engineering*. Boca Raton: CRC press Taylor & Francis Group.

Климатолошки годишњаци (1961-2005). Београд: Републички хидрометеоролошки завод Србије.

Kovar, K. & Nachtnebel, H. (1996). *Application of geographic information systems in hydrology and water resources management*. Wallingford, Oxfordshire: International association of hydrological sciences.

Костић, М. (1973). Ргошка бања. *Гласник Српског географског друштва*, 53 (2), 101–115.

Костић, М. (1974). Термална налазишта и важнија бањска насеља источне Србије. *Зборник радова Географског института “Јован Цвијић”*, 25, 105–164.

Kundzewicz, Z. (1997). Water resources for sustainable development. *Hydrological Sciences Journal*, 42 (4), 467–480.

Локални еколошки акциони план општине Бор (нацрт извештаја) (2003). Бор: Еколошки клуб друштва младих истраживача.

Мађејка, М. (2003). *Клима и њен здравствени значај у бањама Србије*. Београд: Српско географско друштво.

Milijašević, D., Milanović, A., Brankov, J., Radovanović, M. (2011). Water quality assessment of the Borska Reka River using the WPI (water pollution index) method. *Archives of biological sciences*, 63 (3), 819–824.

Милановић, А. и Штрбац, Д. (2007). Примена ГИС-а у хидролошким истраживањима – пример река Лепеница. *Зборник радова Географског института “Јован Цвијић”*, 57, 475–481.

Миловановић, Б. (2010). *Клима Старе планине*. Београд: Географски институт “Јован Цвијић” САНУ.

Општи катастар вода (1986). *Опште хидролошке и физичко-географске карактеристике слива Великог Тимока*. Београд: Републички хидрометеоролошки завод Србије.

Оцокољић, М. (1971). О односу између површинског и подземног отицаја у сливу Западне Мораве. (Магистарски рад), Географски факултет Универзитета у Београду.

Оцокољић, М. (1987). *Висинско зонирање вода у сливу Велике Мораве и неки аспекти њихове заштите*. Београд: Српско географско друштво.

Оцокољић, М. (1993). Водни биланс притока Велике Мораве. *Гласник Српског географског друштва*, 73 (2), 28–34.

Оцокољић, М. (1997). Географска реонизација водног биланса. У М. Оцокољић (Ур.) *Географска структура и регионализација Србије I*. Београд: Географски институт „Јован Цвијић“ САНУ.

Оцокољић, М. и Милијашевић, Д. (2010). Елементи речног слива – терминологија израза, значење и употреба. *Глобус*, 35, 69–80.

Оцокољић, М., Милијашевић, Д. и Милановић, А. (2009). Класификација речних вода Србије по степену њихове загађености. *Зборник радова Географског факултета*, 57, 7–18.

Петковић, М. (2010). Снабдевање водом насеља Зајечарског округа. (Магистарски рад), Географски факултет Универзитета у Београду.

Петровић, Д. (1956). Долина Великог Тимока. *Извештај о раду IV Конгреса географа ФНР Југославије*, 121–138.

Петровић, Д. (1970). *Слив Црног Тимока (геоморфолошка студија)*. Београд: Географски институт “Јован Цвијић“ САНУ.

Петровић, Д. и Манојловић, П. (1997). *Геоморфологија*. Београд: Географски факултет.

Правилник о националној листи индикатора заштите животне средине. *Службени гласник РС бр. 37/2011*.

Првановић, С. (1961). Порекло имена Тимок и Тимочанин. *Развитак – часопис за друштвена питања, културу и уметност*, 3.

Протић, Д. (1995). *Минералне и термалне воде Србије*. Београд: Геоинститут.

Прохаска, С., Исаиловић, Д., Мајкић, Б. и Арсић, М. (2007). Методологија за израду водопривредног биланса Србије. *Водопривреда*, 39, 253–274.

Радовановић, М. (1996). *Климатска регионализација Метохије*. Београд: Географски институт “Јован Цвијић“ САНУ.

Радовановић, М. (2001). Утицај рељефа и атмосферске циркулације на диференцијацију климата у Србији. (Докторска дисертација), Географски факултет Универзитета у Београду.

Ракићевић, Т. (1973). Нове методе проучавања водног биланса на примеру реке Расине. *Зборник радова ПМФ*, 20, 53–66.

Ракићевић, Т. (1976). Климатске карактеристике Источне Србије. *Зборник радова Географског института “Јован Цвијић“*, 28, 41–62.

Ракићевић, Т. (1979). Основне законитости у географском распореду падавина на територији СР Србије. *Зборник радова Географског института ПМФ*, 26, 5–18.

Ракићевић, Т. (1980). Климатско рејонирање СР Србије. *Зборник радова Географског института ПМФ*, 27, 29–41.

Регионални просторни план Тимочке крајине (2011). Београд: Институт за архитектуру и урбанизам Србије, Министарство животне средине и просторног планирања.

Републички завод за статистику (2011). Шумарство, Општине и региони у Републици Србији. Преузето са:

http://webrzs.stat.gov.rs/WebSite/repository/documents/00/00/53/46/10_SUMARSTVO_2011.pdf

Републички завод за статистику (2010). Екобилтен 2009. Преузето са: <http://pod2.stat.gov.rs/ObjavljenePublikacije/G2010/pdf/G20105527.pdf>

Рославцев, С. (2009). *Светло са Црног Тимока*. Зајечар: ЈП „Електропривреда Србије“.

Савезни геолошки завод (1970). *Основна геолошка карта 1:500 000 – Београд*, Београд.

Смиљанић, С. (2008). Значај квалитета геоинформационе инфраструктуре у управљању одрживим развојем. (Докторска дисертација), Географски факултет Универзитета у Београду.

Станковић, С. (1966). Режим Белог Тимока. *Зборник радова Географског завода ПМФ*, 13, 81–91.

Станковић, С. (2000). *Језера Србије*. Београд: Српско географско друштво.

Станковић, С. (2005). Промет туриста у Гамзиградској бањи. *Гласник Српског географског друштва*, 86 (1), 219–226.

Станковић, С. (2008). Пет Тимока источне Србије. *Зборник радова са међународне конференција „Екоремедијација“*, 77–95.

Стефановић, Т., Билибајкић, С, Брауновић, С. (2007). Стање ерозије у сливу Грлишке реке пре и после формирања акумулације „Грлиште“. *Водопривреда*, 39, 408–413.

Стратегија руралног развоја општине Књажевац 2010–2020. (радна верзија) (2010). Књажевац: Агенција за развој општине Књажевац.

Такић, Лј., Младеновић-Ранисављевић, И., Живковић, Н. & Ђорђевић, А. (2011). A Case Study of the Correlation Criteria of Surface Water Intended for Water Supply. *Working and living Environmental Protection*, 8 (1), 21–30.

Towards efficient use of water resources in Europe, (2012). EEA Report No 1/2012, Mar 13, 2012, p.40. <http://www.eea.europa.eu>

Tsihrintzis, V., Hamid, R. & Fuentes, H (1996). Use of geographic information systems (GIS) in water resources: a review. *Water Resources Management*, 10, 251–277.

UNCED (United Nations Conference on Environment and Development) (1993). Agenda 21: Programme of Action for Sustainable Development. UN Publ. no. E.93.1.11, New York, USA.

Урошев, М. (2007). *Слив Голијске Моравице – хидролошка анализа*. Београд: Географски институт „Јован Цвијић“.

Уредба о класификацији вода међурепубличких водотока, међудржавних вода и вода обалног мора Југославије, *Сл. Лист СФРЈ* 6/78.

Уредба о утврђивању програма остваривања стратегије развоја енергетике Републике Србије до 2015. године за период од 2007. до 2012. године.

Хидролошки годишњаци (1961 – 2009). Београд: Републички хидрометеоролошки завод Србије.

Хидролошка студија (1987). Карактеристичне воде Великог Тимока. Београд: Републички хидрометеоролошки завод Србије.

Ченгић, С. (2009). Индикатори одрживог развоја у интегралном управљању водним ресурсима. (Магистарски рад), Грађевински факултет Универзитета „Демал Биједић“ Мостар.

Water Strategy Man (2004). Indicators and Indices for decision making in water resource management. Newsletter, Issue 4.

WCED (World Commission on Environment and Development) (1987). Our Common Future (The Brundtland Report). Oxford University Press, Oxford, UK.

*** (2003). *Пројекат: Б-О-Р, Кампања за примену нових технологија у рудницима Дунавског слива које смањују загађење тешким металима и обезбеђују одрживу производњу*, документација Друштво младих истраживача Бор.

*** (2004). *Пројекат: Учесће локалне заједнице у контроли загађења рудничким водама*, www.etos.co.yu/mibor/projekti/rudvod/index.html, Друштво младих истраживача Бор, Центар за околишни одрживи развој Сарајево, Еколошко друштво „Златовица“ Пробиштип, Југословенско друштво за водно право.

www.uncsd2012.org

БИОГРАФИЈА

Драгана Милијашевић рођена је у Београду 3. августа 1979. године где је завршила основну и средњу школу. Географски факултет Универзитета у Београду уписала је 1998. године. На истом факултету дипломирала је 2004. године, а 2008. године одбранила магистарску тезу под називом „Ђетиња – потамолошка студија“. Од стране Универзитета у Београду, 6. октобра 2009. године одобрена јој је израда докторске дисертације под насловом „Физичкогеографски фактори водног биланса и могућности одрживог коришћења водних ресурса у сливу Тимока“.

Научно усмерење јој је у домену физичке географије, посебно хидрологије. Објавила је преко 20 научних и стручних радова и учествовала на већем броју домаћих и међународних конференција. Од 2004. до 2007. године је била стипендиста Министарства за науку и заштиту животне средине. Запослена је у Географском институту „Јован Цвијић“ САНУ од 2007. године. Била је ангажована на следећим пројектима:

2011–2014. Географија Србије (Министарство за науку и технолошки развој Републике Србије).

2008. Бржа валоризација одрживог развоја еко и етно туризма на подручју Ђердапа (Министарство економије и регионалног развоја).

2006–2010. Модалитети валоризације геопотенцијала неразвијених подручја Србије (Министарство за науку и технолошки развој Републике Србије).

2004–2005. Дунавско-моравски коридор као главна осовина регионалног развоја и интеграције Србије са окружењем у оквиру Југоисточне Европе (Министарство за науку и технолошки развој Републике Србије).

Прилог 1.

Изјава о ауторству

Потписани-а Драгана П. Милијашевић

број индекса _____

Изјављујем

да је докторска дисертација под насловом

Физичкогеографски фактори водног биланса и могућности одрживог коришћења водних ресурса у сливу Тимока

- резултат сопственог истраживачког рада,
- да предложена дисертација у целини ни у деловима није била предложена за добијање било које дипломе према студијским програмима других високошколских установа,
- да су резултати коректно наведени и
- да нисам кршио/ла ауторска права и користио интелектуалну својину других лица.

Потпис докторанда

У Београду, 28.06.2014.

Драгана Милијашевић

Прилог 2.

Изјава о истоветности штампане и електронске верзије докторског рада

Име и презиме аутора ___ Драгана П. Милијашевић _____

Број индекса _____

Студијски програм _____

Наслов рада ___ Физичкогеографски фактори водног биланса и могућности
одрживог коришћења водних ресурса у сливу Тимока _____

Ментор ___ Проф. др Љиљана Гавриловић _____

Потписани/а ___ Драгана П. Милијашевић _____

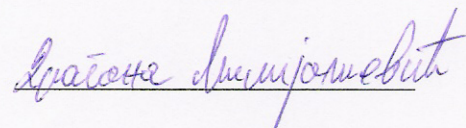
Изјављујем да је штампана верзија мог докторског рада истоветна електронској верзији коју сам предао/ла за објављивање на порталу **Дигиталног репозиторијума Универзитета у Београду**.

Дозвољавам да се објаве моји лични подаци везани за добијање академског звања доктора наука, као што су име и презиме, година и место рођења и датум одбране рада.

Ови лични подаци могу се објавити на мрежним страницама дигиталне библиотеке, у електронском каталогу и у публикацијама Универзитета у Београду.

Потпис докторанда

У Београду, 28.06.2014.



Прилог 3.

Изјава о коришћењу

Овлашћујем Универзитетску библиотеку „Светозар Марковић“ да у Дигитални репозиторијум Универзитета у Београду унесе моју докторску дисертацију под насловом:

Физичкогеографски фактори водног биланса и могућности одрживог коришћења водних ресурса у сливу Тимока

која је моје ауторско дело.

Дисертацију са свим прилозима предао/ла сам у електронском формату погодном за трајно архивирање.

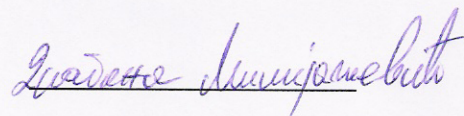
Моју докторску дисертацију похрањену у Дигитални репозиторијум Универзитета у Београду могу да користе сви који поштују одредбе садржане у одабраном типу лиценце Креативне заједнице (Creative Commons) за коју сам се одлучио/ла.

1. Ауторство
2. Ауторство - некомерцијално
3. Ауторство – некомерцијално – без прераде
4. Ауторство – некомерцијално – делити под истим условима
5. Ауторство – без прераде
6. Ауторство – делити под истим условима

(Молимо да заокружите само једну од шест понуђених лиценци, кратак опис лиценци дат је на полеђини листа).

Потпис докторанда

У Београду, 28.06.2014.



1. Ауторство - Дозвољаваате умножавање, дистрибуцију и јавно саопштавање дела, и прераде, ако се наведе име аутора на начин одређен од стране аутора или даваоца лиценце, чак и у комерцијалне сврхе. Ово је најслободнија од свих лиценци.

2. Ауторство – некомерцијално. Дозвољаваате умножавање, дистрибуцију и јавно саопштавање дела, и прераде, ако се наведе име аутора на начин одређен од стране аутора или даваоца лиценце. Ова лиценца не дозвољава комерцијалну употребу дела.

3. Ауторство - некомерцијално – без прераде. Дозвољаваате умножавање, дистрибуцију и јавно саопштавање дела, без промена, преобликовања или употребе дела у свом делу, ако се наведе име аутора на начин одређен од стране аутора или даваоца лиценце. Ова лиценца не дозвољава комерцијалну употребу дела. У односу на све остале лиценце, овом лиценцом се ограничава највећи обим права коришћења дела.

4. Ауторство - некомерцијално – делити под истим условима. Дозвољаваате умножавање, дистрибуцију и јавно саопштавање дела, и прераде, ако се наведе име аутора на начин одређен од стране аутора или даваоца лиценце и ако се прерада дистрибуира под истом или сличном лиценцом. Ова лиценца не дозвољава комерцијалну употребу дела и прерада.

5. Ауторство – без прераде. Дозвољаваате умножавање, дистрибуцију и јавно саопштавање дела, без промена, преобликовања или употребе дела у свом делу, ако се наведе име аутора на начин одређен од стране аутора или даваоца лиценце. Ова лиценца дозвољава комерцијалну употребу дела.

6. Ауторство - делити под истим условима. Дозвољаваате умножавање, дистрибуцију и јавно саопштавање дела, и прераде, ако се наведе име аутора на начин одређен од стране аутора или даваоца лиценце и ако се прерада дистрибуира под истом или сличном лиценцом. Ова лиценца дозвољава комерцијалну употребу дела и прерада. Слична је софтверским лиценцама, односно лиценцама отвореног кода.