
УРОШ МИЛИНЧИЋ, студент докторских студија
Географски факултет, Универзитет у Београду
uros.milincic@gmail.com

МИЛОШ МИЛИКИЋ, мастер географ
Географски факултет, Универзитет у Београду
milikicmilos@yahoo.com

УРОШ ДУРЛЕВИЋ, студент докторских студија
Географски факултет, Универзитет у Београду
durlevicuros@gmail.com

ЈОВАН ПАВЛОВИЋ, студент докторских студија
Географски факултет, Универзитет у Београду
jovan_pavlovic@hotmail.com

Др ДАНИЈЕЛА ВУКОИЧИЋ, ванредни професор
Природно-математички факултет, Универзитет у Приштини–Косовска
Митровица
daniijela.vukoicic@pr.ac.rs

UDK 02.51(282):504.5(497.11)

КВАЛИТЕТ ВОДЕ РЕКЕ ПЕПЕЉУШЕ

АПСТРАКТ: Колико је вода значајан ресурс указује чињеница да је она одговорна за настанак, развој и одржање живота на Земљи. Услед интензивног развоја човечанства расте и притисак на водне ресурсе и њихово загађење. Све ово доводи до промена у биолошким и физичко хемијским карактеристикама воде и остварља значајне последице по живи свет. Очување и заштите водних ресурса захтева интегрални приступ на свим нивоима и спровођење јасно дефинисаних мера у циљу сиречавања загађења. Циљ рада је да се методом Serbian Water Quality Index одреди стање вода реке Пепељуше и укаже на проблеме који доводе до њене деградације.

КЉУЧНЕ РЕЧИ: вода, Пепељуша, загађење, SWQI – Serbian Water Quality Index, заштита

Увод

Вода је, поред ваздуха и земљишта, један од најбитнијих ресурса и услова без кога не би био могућ живот на Земљи. Њен значај није само у функцији настанка, еволуције и одржања глобалног живота, већ и у њеној великој покретљивости, способности преноса материје и енергије, снази

разарања и стварања свега – један од одлучујућих фактора трансформације изгледа површине Земље. Непрекидним кретањем прожима и покреће живе и неживе, природне и друштвене елементе система Земље. Несумљиви је елемент који повезује органе унутар организма, организме унутар екосистема и екосистеме са околином, до нивоа екосфере.¹

Просторни модел истраживања у овом раду је река Пепељуша и њен слив као основна јединица у коме се формира квалитет воде, а све као последица и узрок многобројних и сложених објеката, појава и процеса. Слив није само систем за производњу воде већ и физички и хемијски циклус њеног протока кроз физичке, биолошке и социјалне системе. Зато квантитативни и квалитативни показатељи стања воде у сливу представљају резултат констелације сложеног системског окружења ендегених и егзогених, абиотичких и биотичких, природних и друштвених појава и процеса.² У том смислу квалитет воде реке Пепељуше представља најреалнији и најрепрезентативнији показатељ предеоно-еколошке анализе и стања екосистема који егзистира у сливу и његовом геопросторном окружењу.

У просторним опсервацијама екологије, сливови су – за релативно кратак временски период – од једног у обиљу функционалних појмова постали најприсутнији модел за истраживање екосистема.³ Такође, постали су и најпрепоручљивија територијална јединица за управљање водним ресурсима и планирање простора. Европска конвенција (1992) о заштити и коришћењу међународних водених токова и међународних језера (ЕСПУТВ) речни слив експлицитно узима за јединствену еколошку јединицу.⁴

Широка друштвена примена воде најчешће има негативни утицај на њен квалитет. Загађење може бити биолошко, хемијско, физичко и термално, а извори директни (индустрија, домаћинства, несреће и хаварије) и индиректни (пољопривреда, сточарство). Загађиваче такође можемо поделити на концентрисане и расуте. Концентрисани загађивачи су објекти у којима се обавља нека делатност и људска насеља. Најчешће су то: урбана насеља, индустријски објекти и сметлишта. Расути извори загађивања су: хемизација пољопривреде (пестициди и азотна ђубрива); депоније индустријског отпада; депоније комуналног отпада; транспорт и транспортна средства; локације за експлоатацију камена, шљунка, песка и другог.

¹ М. А. Милинчић, А. Н. Трифонџ, & Н. А. Јакубовскаја, „Вода – услов одржања екосфере и друштвеног прогреса”, *Zbornik radova Značaj i zaštita voda*, ur. Braco Kovačević, Banja Luka 2017, 23–38.

² С. Мустафић, П. Манојловић и М. А. Милинчић, „Минерализација површинских вода у сливу Височице – прилог за предеоно-еколошку анализу”, *Гласник СГД*, св. LXXXIX (4) (2009), 141–153.

³ D. V. Bormann & G. E. Likens, *Pattern and Process in a Forested Ecosystem*, New York 1979.

⁴ Према: М. А. Милинчић, *Изворишта површинских вода Србије – еколошка ограничења и ревитализација насеља*, Београд 2009, 1–281.

Простор истраживања

Пажња ће се посветити једном по површини скромном, али не и мање важном водотоку, Пепељуши ($L=45$ km; $F=336$ km²) у источном делу слива Западне Мораве ($L=220$ km; $F=15.468$ km²). Река Пепељуша (Вратарница) и суседна Расина у многоме представљају јединствен речни систем овог простора, са низом морфолошко-хидролошких специфичности: паралелизам токова, лактаста скретања, асиметрични сливови са елементима „хидролошког хендикепа” и др.

Пепељуша настаје испод Бежановачког брда (777 m) од изворишних кракова Рајшчевице и Клисуре, на 580 m н.в. у атару Велике Врбнице. Најузводнији крак њене саставнице Клисуре је Стрменичка река која извире на источној падини планинског врха Виљац (1.077 m) на висини од 990 m. Пепељуша спада у бујичне токове, највећи део њених вода протекне у виду поплавних таласа, најчешће зими (фебруар, март) и у пролеће (мај). У зимским месецима, иако је у сливу релативно мало падавина, не долази до смањења протицаја јер већим делом влада „жупна клима” (благе зиме).⁵

Територија слива Пепељуше је уклопљена у северно конкавно развође суседног већег слива Расине ($L=92$ km и $F=1.054$ km²) тако да на значајним деловима свог тока нема значајнијих десних притока. Изузетак је најузводнија већа десна притока Крупаја (извире на 730 m) која са главним током, у горњем делу слива, има скоро паралелан правац пружања. Улива се у Пепељушу у атару Горњих Вратара, југоисточно од планинског врха Караула (656 m) на 479 m. Пепељуша са узводним изворишним деловима има дужину од скоро 50 km и пролази кроз територије три административне јединице: две општине (Александровац и Брус) и територију Града Крушевца.

Метод и материјал

У Агенцији за заштиту животне средине Министарства заштите животне средине Републике Србије развијен је индикатор животне средине за област вода намењен извештавању о стању квалитета вода – SWQI (Serbian Water Quality Index). Индикатор се заснива на методи WQI (Water Quality Index) по којој одабрани параметри стања воде својим квалитетом (q_i) репрезентују особине површинских вода сводећи их на један индексни број.⁶ Десет одабраних параметара SWQI методе,

⁵ М. Милинчић, *Жуџа александровачка – одлике природне средине*, Београд 2012, 1–102.

⁶ *Scottish Development Department Development of a Water Quality Index, Engineering Division, Edinburgh 1976.*

који одражавају физичке, хемијске и биолошке особине квалитета воде, су:

- Температура
- рН вредност
- суспендоване материје
- zasiћеност воде кисеоником
- амонијум јон
- укупни оксиди азота
- ортофосфати
- биолошка потрошња кисеоника (ВРК-5)
- колиформне бактерије

Удео сваког од десет параметара на укупни квалитет воде нема исти релативни значај, зато је сваки од њих добио своју тежину (w_i) и број бодова према уделу у угрожавању квалитета. Сумирањем производа ($q_i \times w_i$) добија се индекс 100 као збир удела квалитета свих параметара. У случају када недостаје податак о квалитету за неки параметар вредност аритметички измереног SWQI коригује се множењем индекса са вредношћу $1/x$, где је x збир аритметички измерених тежина доступних параметара.⁷ Утврђивање квалитета воде коришћењем јединственог индексног броја је једноставније од израчунавања сваког појединачног параметра и његовог упоређивања са референтним вредностима.⁸

Метод израчунавања WQI је:

$$WQI = \sum_{i=1}^n q_i \times w_i \quad \text{где је:}$$

WQI = индекс квалитета воде

n = број параметара

q_i = квалитет воде одговарајућег параметра

w_i = тежина додељена одговарајућем параметру

<i>Water Quality Index</i>				
I класа	II класа	III класа	IV класа	
85–84	74–69	56–44	51–35	
<i>Serbian Water Quality Index</i>				
Одличан	Веома добар	Добар	Лош	Веома лош
100–90	89–84	83–72	71–39	38–0

Табела 1. Класификација површинских вода методама WQI и SWQI
(Извор: SEPA, 2020)

⁷ SEPA (2020). Агенција за заштиту животне средине, Министарство заштите животне средине, Република Србија.

<http://www.sepa.gov.rs/index.php?menu=6&id=8007&akcija=showXlinked>.

⁸ H. Boyacioglu, "Utilization of the water quality index method as a classification tool", *Environmental Monitoring and Assessment*, 167 (1-4), (2010), 115–124.

- Одличан – уз филтрацију и дезинфекцију могу се употребљавати за снабдевање насеља водом за пиће и у прехранбеној индустрији, а површинске воде и за гајење племенитих врста риба;
- Веома добар и добар – могу се употребљавати за купање и рекреацију, за спортове на води, за гајење других врста риба или се уз савремене методе пречишћавања могу употребљавати за снабдевање насеља водом за пиће и у прехранбеној индустрији;
- Лош – могу се употребљавати за наводњавање, а после савремених метода пречишћавања и у индустрији, осим прехранбеној;
- Веома лош – воде које својим квалитетом неповољно делују на животну средину, и могу се употребљавати само после примене посебних метода пречишћавања.⁹

Материјали коришћени у анализи, уступљени су од стране Завода за јавно здравље Крушевац (Војводе Путника 2). Иста институција је и у ранијем периоду омогућавала приступ бази података по питању квалитета вода реке Пепељуше. Параметри су добијени испитивањем узорковане воде на мерној станици Читлук, у доњем делу тока реке. Мерења вршена у току године односе се на период мај-октобар, а у раду су представљени резултати од 2015. до 2020. године. Изабрани период године карактерише изразити пад количине воде и погоршање квалитета воде.

Оцена еколошког статуса воде реке Пепељуше

Доминантно загађење вода које се остварује на овом простору потиче од пољопривредних активности, пре свега од минералних ђубрива, пестицида и других средстава. Други значајан вид загађења јесу и различите гране индустрије које стварају отпадне воде које се најчешће без икаквог пречишћавања испуштају у водоток чиме утичу на смањење концентрације кисеоника, промену рН вредности и др. Проблем не представљају само отпадне воде из индустрије већ и из великог броја насеља, често разбијеног типа. Сем градског насеља које има делимично уређену канализациону мрежу у сеоским насељима фекалне воде се испуштају у импровизоване септичке јаме или директно у природу. Такође један од проблема је и већи број дивљих депонија као и две лоше одржаване општинске депоније којима управљају ЈКП за локалне самоуправе Брус и Александровац. Падавине (киша и снег) са њих, приликом процеђивања, спирају и носе штетне материје које директно или индиректно кроз земљиште долазе до подземних а касније и до површинских вода.

⁹ SEPA (2020). Агенција за заштиту животне средине, Министарство заштите животне средине, Република Србија.
<http://www.sepa.gov.rs/index.php?menu=6&id=8007&akcija=showXlinked>.



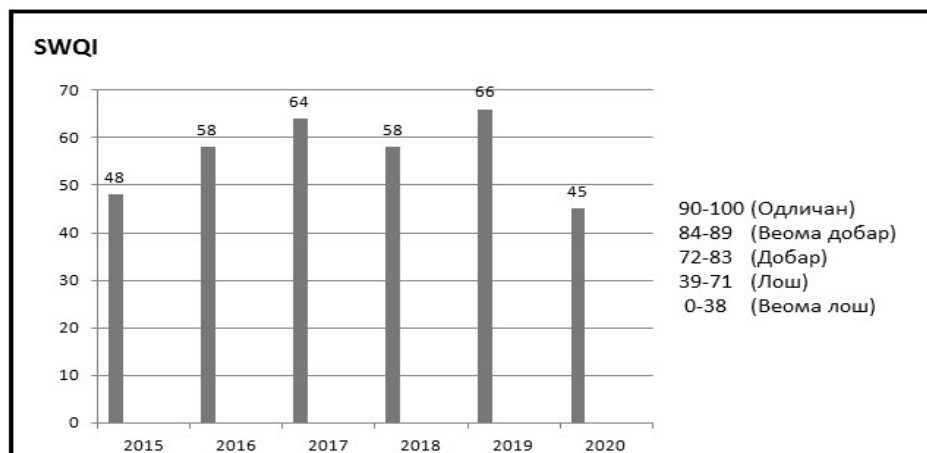
Сл. 1. Картошматски приказ просторног односа насеља и депонија на територији слива Пепељуше

Уредбом о граничним вредностима загађујућих материја у површинским и подземним водама и седименту и роковима за њихово постизање¹⁰ прописане су граничне вредности за коришћене параметре. Уредбом је такође одређена просечна годишња концентрација (ПГК) као и максимална дозвољена концентрација загађујућих материја (МДК).

¹⁰ „Уредба о граничним вредностима загађујућих материја у површинским и подземним водама и седименту и роковима за њихово постизање“, *Службени гласник Републике Србије*, бр. 50, 2012.

Параметри	2015.	2016.	2017.	2018.	2019.	2020.
Температура (°C)	22,3	18,1	24,6	25	20,08	21,2
pH вредност	4,62	7,77	8,03	8,30	8,10	8,16
ВРК ₅ (mg/l)	6,6	7,8	3,5	4,8	6,3	5,7
Суспендоване материје (mg/l)	11	41	10	55	5	100
Укупни оксиди азота (mg/l)	1,607	1,911	1,106	1,621	1,061	1,622
Ортофосфати (mg/l)	0,4	0,453	0,255	0,194	0,504	0,256
Амонијум (mg/l)	0,16	0,12	0,33	0,15	0,05	1,28
SWQI	48	58	64	58	66	45

Табела 2. Вредности праћених параметара и Serbian Quality Water Index реке Пепељуше за мерно место Читлук током августа месеца (2015–2020. године) (Извор: Градски завод за јавно здравље Крушевац)



Сл. 2. Графички приказ Serbian Water Quality Index реке Пепељуше, мерно место Читлук, за месец август у периоду 2015–2020. године

У табели бр. 2 представљени су параметри (температура (°C), pH вредност, ВРК₅ (mg/l), суспендоване материје (mg/l), укупни оксиди азота (mg/l), ортофосфати (mg/l) и амонијум (mg/l)) измерени августа месеца у периоду 2015–2020. године. Током анализираних периода различити параметри показују изразито различите, а по некада и супротне трендове. Карактеристични су резултати за pH вредност. Екстрем се јавља 2015. са pH 4,62 што је по киселости ниже у односу на прописане граничне вредности површинских вода. Осталих година измерене вредности су гранично дозвољене (6,5–8,5)¹¹ али са базним показатељима (pH веће од 7,7).

¹¹ Ишо.

Изразито неповољна ситуација је са параметрима биолошке потрошње кисеоника, као и присуством ортофосфата и амонијума. Њихови показатељи континуирано имају вредности за реке угроженог квалитета вода. Повишена биолошка потрошња кисеоника указује на повећану концентрацију органских материја у води. Дозвољена ВРК, за мале и средње реке одличног еколошког статуса, је 1,5 mg/l до 500 m н. в.¹² Количина суспендованих материја зависи од низа фактора као што су хидролошки, геолошки, климатски, геоморфолошки итд. Вода доброг квалитета има до 10 mg/l суспендованих материја.

Укупни оксиди азота (нитрати и нитрити) настају распадањем органских материја. Концентрација ортофосфата је изразито велика, граничне вредности за водотоке одличног еколошког статуса до 500 m н.в. су 0,02 mg/l.¹³ Ортофосфати настају оксидацијом у процесима минерализације органских материја која садрже фосфор, а пореклом су из пољопривредне производње. Концентрација амонијум јона је нешто повишена у односу на граничне вредности (0,10 mg/l за водотоке одличног и доброг еколошког статуса).¹⁴ Неки од извора амонијум јона и амонијака су ђубрива примењена на пољопривредним површинама, септичке јаме, канализационе воде, атмосферске падавине, анимална загађења, еродирано тло и седименти, амонијак из ваздуха, остаци разградње акватичних организама, органска материја у води и многи други. Извори загађења се разликују у зависности од специфичности и карактеристика природне и урбанизоване околине.¹⁵

Генерално, сводећи све параметре методом SWQI на јединствени индекс који указује да у последњих пет година, 2020. има најнижи индекс, док 2019. има условно речено највиши. Оно што је заједничко за све приказане године јесте да по класификацији SWQI имају лош квалитет, што би значило да се без укључивања у процесе пречишћавања могу користити само за наводњавање.

Параметри	Мај	Јун	Јул	Авг.	Септ.	Окт.
Температура (°C)	18,7	21,6	21,6	21,2	19,7	11,2
pH вредност	7,95	7,91	8,06	8,16	8,19	8,01
ВРК ₅ (mg/l)	6,2	6,6	6,1	5,7	3,5	13,09
Суспендоване материје (mg/l)	22	103	33	100	26	34

¹² Исто.

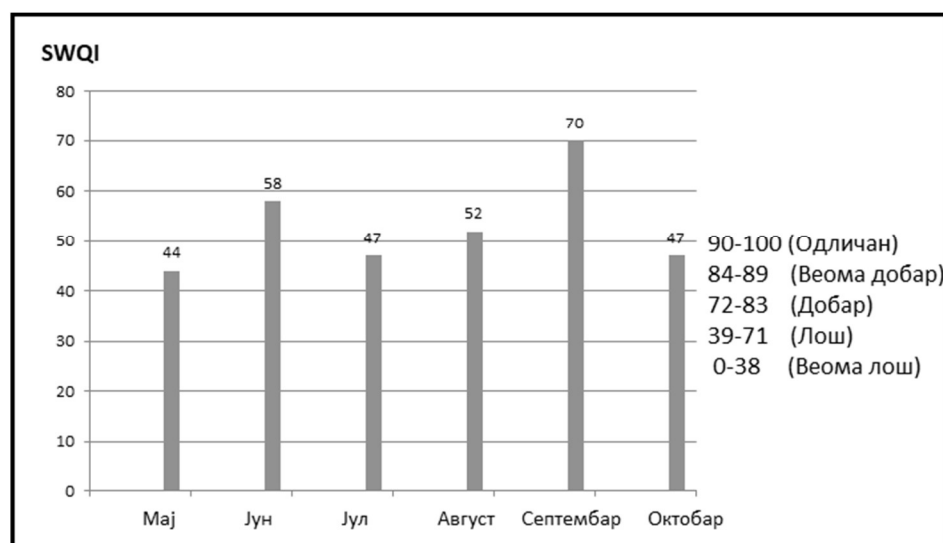
¹³ Исто.

¹⁴ Исто.

¹⁵ М. Кукучка, *Otklanjanje visokog sadržaja organskih i neorganskih polutanata iz podzemnih voda Vojvodine primenom nanofiltracije*, Doktorska teza, Univerzitet u Novom Sadu, Tehnološki fakultet, 2016.

Укупни оксиди азота (mg/l)	5,668	1,705	2,424	1,622	1,522	2,265
Ортофосфати (mg/l)	0,341	0,213	0,320	0,256	0,259	0,167
Амонијум (mg/l)	0,91	0,02	0,65	1,28	0,02	1,05
SWQI	44	58	47	52	70	47

Табела 3. Serbian Quality Water Index по изабраним месецима за 2020. годину (Извор: Завод за јавно здравље Крушевац)



Слика бр. 3 Графички приказ Serbian Water Quality Index по изабраним месецима за 2020. годину

У периоду од маја до октобра 2020. године најнижи индекс квалитета воде био је током маја месеца, а „најбољи” у септембру. Већа количина суспендованих материја била је присутна током јуна и августа месеца. Током године била је изражена петодневна биолошка потрошња кисеоника која је највиша била у октобру месецу са 13,09 mg/l. Као и током претходних година присутна је и висока концентрација ортофосфата и амонијум јона.

Закључак

На основу приказаних резултата који су добијени анализом седам доступних параметара о квалитету воде реке Пепељуше, у периоду од 2015. до 2020. године, може се констатовати да дифузни извори загађења антропогеног порекла (пољопривреда, индустрија, дивље депоније итд.) значајно утичу на квалитет воде у посматраном периоду. Најсла-

бији квалитет је утврђен 2020. а најбољи 2019. године. Према класификацији SWQI методе, Пепељуша спада у категорију река лошег квалитета воде. Највећи загађивачи подземних а и површинских вода јесу пољопривреда, различита индустријска постројења, непостојање комплетне канализационе мреже, већи број дивљих депонија. Оно што је потребно урадити у наредном периоду, смањити употребу токсичних хемијских средстава у пољопривреди, подстицати органску пољопривредну производњу. Изградња постројења за пречишћавање индустријских отпадних вода. Изградња комплетне канализације заједно са системом за пречишћавање отпадних вода, као и санитарних водонепропусних септичких јама код индивидуалних домаћинстава. Санација и рекултивација постојећих дивљих депонија као и санитарно опремање депонија у циљу смањења испирања штетних материја. Поштовањем свих мера временом река би процесом самопречишћавања значајно побољшала квалитет воде.

ИЗВОРИ И ЛИТЕРАТУРА

Извор

- Градски завод за јавно здравље Крушевац, 2020.

Литература

- Bormann D. B. & G. E. Likens, *Pattern and Process in a Forested Ecosystem*, New York 1979.
- Boyacıoğlu H., "Utilization of the water quality index method as a classification tool", *Environmental Monitoring and Assessment*, 167 (1-4), (2010), 115–124.
- Kukučka, M., *Otklanjanje visokog sadržaja organskih i neorganskih polutanata iz podzemnih voda Vojvodine primenom nanofiltracije*, Doktorska teza, Univerzitet u Novom Sadu, Tehnološki fakultet, 2016.
- Милинчић М. А., *Изворишта површинских вода Србије – еколошка ограничења и ревитализација насеља*, Београд 2009.
- Милинчић М., *Жуја александровачка – одлике природне средине*, Београд 2012.
- Milinčić M. A., A. N. Trifonov, & N. A. Yakubovskaya, „Voda – uslov održanja ekosfere i društvenog progressa”, *Zbornik radova Značaj i zaštita voda*, ur. Braco Kovačević, Banja Luka 2017, 23–38.
- Мустафић С., П. Манојловић и М. А. Милинчић, „Минерализација површинских вода у сливу Височице – прилог за предеоно-еколошку анализу“, *Гласник СГД*, св. LXXXIX (4) (2009), 141–153.
- *Scottish Development Department Development of a Water Quality Index, Engineering Division*, Edinburgh 1976.

- SEPA (2020). Агенција за заштиту животне средине, Министарство заштите животне средине, Република Србија, Доступно са сајта: <http://www.sepa.gov.rs/index.php?menu=6&id=8007&акција=showXlinked>
- „Уредба о граничним вредностима загађујућих материја у површинским и подземним водама и седименту и роковима за њихово постизање“, *Службени гласник Републике Србије*, бр. 50, 2012.

UROŠ MILINČIĆ, PhD Student
Faculty of Geography, University of Belgrade
uros.milincic@gmail.com

MILOŠ MILIKIĆ, MA Geographer
Faculty of Geography, University of Belgrade
milikicmilos@yahoo.com

UROŠ DURLEVIĆ, PhD Student
Faculty of Geography, University of Belgrade
durlevicuros@gmail.com

JOVAN PAVLOVIĆ, PhD Student
Faculty of Geography, University of Belgrade
jovan_pavlovic@hotmail.com

DANIJELA VUKOIČIĆ, PhD, Assistant Professor
Faculty of Natural Sciences, University in Priština–Kosovska Mitrovica
danijela.vukoicic@pr.ac.rs

WATER QUALITY OF THE PEPELJUŠA RIVER

Summary

Based on the presented results obtained by analyzing the seven available parameters on the water quality of the Pepeljuša River, in the period from 2015 to 2020, it can be concluded that diffuse sources of pollution of anthropogenic origin (agriculture, industry, illegal landfills, etc.) significantly affect water quality in the observed period. The weakest quality was determined in 2020, and the best in 2019. According to the classification of the SWQI method, Pepeljuša belongs to the category of rivers of poor water quality. The biggest polluters of groundwater and surface water are agriculture, various industrial plants, the lack of a complete sewerage network, and a large number of illegal landfills. What needs to be done in the coming

period, to reduce the use of toxic chemicals in agriculture, to encourage organic agricultural production. Construction of industrial wastewater treatment plants. Construction of a complete sewerage system together with a wastewater treatment system, as well as sanitary watertight septic tanks for individual households. Rehabilitation and reclamation of existing illegal landfills as well as sanitary equipment of landfills to reduce leaching of harmful substances. By respecting all measures over time, the river would significantly improve water quality through the process of self-purification.

KEYWORDS: Water, Pepeljuša, Pollution, SWQI – Serbian Water Quality Index, Protection