

# Analiza unosa opterećenja u akumulacijsko jezero HE Čakovec na lokaciji kišnog rasterećenja ispred UPOV-a Varaždin

---

Trabe Baranašić, Tanja

Master's thesis / Diplomski rad

2020

Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj: **University North / Sveučilište Sjever**

Permanent link / Trajna poveznica: <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:122:485717>

Rights / Prava: [In copyright](#)/[Zaštićeno autorskim pravom.](#)

Download date / Datum preuzimanja: **2024-08-31**



Repository / Repozitorij:

[University North Digital Repository](#)



zir.nsk.hr



DIGITALNI AKADEMSKI ARHIVI I REPOZITORIJI



**Sveučilište  
Sjever**

**Diplomski rad br. 2/GR/2020**

**Analiza unosa opterećenja u akumulacijsko jezero  
HE Čakovec na lokaciji kišnog rasterećenja  
ispred UPOV-a Varaždin**

**Tanja Trabe Baranašić, 0884/336D**

Varaždin, rujan 2020. godine





# Sveučilište Sjever

Odjel za graditeljstvo

Diplomski rad br. 2/GR/2020

## **Analiza unosa opterećenja u akumulacijsko jezero HE Čakovec na lokaciji kišnog rasterećenja UPOV-a Varaždin**

**Student**

Tanja Trabe Baranašić, 0884/336D

**Mentor**

Doc.dr.sc. Domagoj Nakić

Varaždin, rujan 2020. godine



# Prijava diplomskog rada

## Definiranje teme diplomskog rada i povjerenstva

ODJEL	Odjel za graditeljstvo		
STUDIJ	diplomski sveučilišni studij Graditeljstvo		
PRISTUPNIK	Tanja Trabe Baranašić	MATIČNI BROJ	0884/336D
DATUM	24.04.2020.	KOLEGIJ	Zaštita i pročišćavanje voda
NASLOV RADA	Analiza unosa opterećenja u akumulacijsko jezero HE Čakovec na lokaciji kišnog rasterećenja ispred UPOV-a Varaždin		
NASLOV RADA NA ENGL. JEZIKU	Analysis of load input into the accumulation of Cakovec HPP at the location of rain overflow in front of WWTP Varazdin		
MENTOR	dr.sc. Domagoj Nakić	ZVANJE	docent
ČLANOVI POVJERENSTVA	1. Prof.dr.sc. Božo Soldo 2. Doc.dr.sc. Domagoj Nakić 3. Doc.dr.sc. Bojan Đurin 4. _____ 5. _____		

## Zadatak diplomskog rada

BROJ	2/GR/2020
OPIS	<p>U sklopu diplomskog rada potrebno je analizirati utjecaj unosa opterećenja iz sustava javne odvodnje Varaždin u akumulacijsko jezero hidroelektrane Čakovec putem kišnog rasterećenja na ulazu na uređaj za pročišćavanje otpadnih voda Varaždin.</p> <p>Analizu je potrebno provesti temeljem dostupnih podloga (kalibrirani matematički model sustava javneodvodnje Varaždin i podaci o koncentracijama pojedinih parametara pokazatelja kvalitete vode u akumulaciji HE Čakovec: BPK5, KPK, TN, TP, temperatura, suspendirana tvar) s ciljem određivanja utjecaja prelivnih količina na ekološko stanje u akumulaciji.</p> <p>Rad treba sadržavati minimalno sljedeća poglavlja:</p> <p>- SAŽETAK</p> <ol style="list-style-type: none"><li>1. Uvod</li><li>2. Ulazni podaci i podloge</li><li>3. Analiza mjerodavnih prelivnih količina</li><li>5. Analiza stanja kvalitete otpadne vode i vode u akumulaciji HE Čakovec</li><li>6. Analiza utjecaja prelivnih količina na kvalitetu vode u akumulaciji HE Čakovec</li><li>7. Zaključak</li></ol> <p>-Literatura</p>

ZADATAK URUČEN 30.09.2020.



POTPIS MENTORA

*[Handwritten signature]*

## **Predgovor**

Uloga vode je višestruka: potreba za život svih živih bića, dom tisućama životinjskih i biljnih vrsta, lokalni i globalni resurs, prometni koridor i regulator klime. Nažalost, naše postupanje s vodama i razvojem gospodarstva dovodi do njenog prekomjernog zagađenja.

Kada god vodu zahvatimo iz njezinog izvora i upotrebljavamo ju, gotovo uvijek mijenjamo njezine različite aspekte. Da bismo zadovoljili svoju potrebu za vodom mijenjamo riječne tokove, gradimo kanale koji spajaju mora i rijeke te brane i nasipe. Svaka naša uporaba vode mijenja njezine fizikalno-kemijske, biološke i hidromorfološke značajke. U konačnici, ono što vraćamo u prirodu često je znatno drugačije od onoga što smo iz nje uzeli, a i ne vraćamo ju uvijek tamo gdje smo ju crpili.

Hrvatska u ovom trenutku, dijelom i zahvaljujući slabijoj industrijskoj razvijenosti, naspram visokorazvijenih zemalja zapadne Europe, ima još uvijek zadovoljavajuću kvalitetu površinskih voda. Da bi očuvali takvo stanje voda i naposljetku poboljšali ga, potrebna je promjena našeg poimanja vode kao nečeg dragocjenog, te promjena korištenja i postupanja s njom.

Moja profesionalna karijera koja je vezana uz energetske korištenje vode, otkrila mi je njenu snagu i njenu krhku ekološku ravnotežu, koja je sve više ugrožena ljudskim djelovanjem. Sve me to privuklo za odabir teme diplomskog rada i daljnju borbu za zaštitu očuvanja kvalitete vode.

Ovim putem htjela bi se zahvaliti svom mentoru, doc.dr.sc. D. Nakiću na pomoći i vodstvu kod izrade ovog diplomskog rada te svima koji su me podržavali tokom studija posebice mojoj obitelji.

Tanja Trabe Baranašić

## Sažetak

U sklopu nadogradnje uređaja za pročišćavanje otpadnih voda (UPOV) Varaždin predviđena je i rekonstrukcija kišnog preljeva na ulazu na UPOV. Projektnim rješenjem predviđena je crpna stanica s pet paralelnih crpki koje će tlačnim cjevovodom transportirati rasteretne (preljevne) količine u akumulacijsko jezero HE Čakovec (Glavni projekt u izgradnji), a koje bi se aktivirale samo kod oborina većih povratnih perioda i pojačanog oborinskog dotoka na UPOV, kada je prijamni kapacitet desnog drenažnog jarka, kao osnovnog recipijenta preljevnih količina, već ispunjen.

U radu je analiziran utjecaj preljevnih količina predmetnog kišnog rasterećenja na kvalitetu prijarnika (akumulacijsko jezero HE Čakovec). U prvom koraku analizirani su pojedini fizikalno-kemijski parametri kakvoće (BPK<sub>5</sub>, KPK, TN, TP, SS, temperatura) preljevnih količina i akumulacije. Dobivenom analizom akumulacija HE Čakovec okarakterizirana je kategorijom dobrog ekološkog stanja za osnovne fizikalno-kemijske pokazatelje, što je potvrđeno i dobivenim izvatom iz Registra vodnih tijela od strane Hrvatskih voda.

Nadalje je uzimajući u obzir minimalne i maksimalne vrijednosti koncentracija u preljevnim vodama i u akumulaciji, te uz određene pretpostavke, provedena analiza utjecaja preljevnih količina kišnog rasterećenja na kvalitetu vode u akumulaciji. Na taj način prikazani su najnepovoljniji i najpovoljniji mogući scenarij u odnosu na utjecaj preljevnih količina na kvalitetu prijarnika.

Rezultati pokazuju da se stanje vodnog tijela uglavnom pogoršava u umjereno stanje. Kao kritični parametar identificiran je KPK koji ne zadovoljava dobro ekološko stanje 8 od 10 analiziranih scenarija. Takvi rezultati smatraju se neprihvatljivima te dovode do zaključka da ovako planirano kišno rasterećenje ne bi bilo prihvatljivo bez dodatnih mjera (primjerice predviđanja aeratora za obogaćivanje akumulacije kisikom).

Ističe se da je ova analiza dana samo kao preliminarna te uz brojne usvojene pretpostavke. Da bi se dobila preciznija slika unosa onečišćenja preporuča se upotreba detaljnog numeričkog 3D modela koji bi obuhvatio sve utjecajne parametre.

**Ključne riječi:** mješoviti sustav odvodnje, kišno rasterećenje, UPOV, aglomeracija Varaždin, akumulacijsko jezero HE Čakovec, Uredba o standardu kakvoće voda



## **Abstract:**

Part of the Project of Reconstruction of Wastewater Treatment Plant (WWTP) Varaždin is overflow upstream of the WWTP. The design solution envisages a pumping station with five parallel pumps which will transport overflow into the accumulation lake of HPP Čakovec. Pumping station along with pumps would be activated only in case of precipitation of higher return periods and increased inflow to the WWTP, and even then only when the receiving capacity of the right drainage ditch, as the main recipient of overflow quantities, has been reached.

A thesis analyses the influence of concerned overflow quantities on the quality of receiver (HPP Čakovec Accumulation Lake). First, certain physical-chemical parameters of wastewater quality (BOD<sub>5</sub>, COD, TN, TP, SS, temperature) were analysed in overflow and accumulation. With derived analysis, HPP Čakovec Accumulation Lake is characterized in the category of good ecological status for basic physical-chemical indicators.

Furthermore, according to the assumed different cases, considering the minimum and maximum values of concentrations in overflow and in the lake, and with certain assumptions, the analysis of rain overflow quantities on water quality in the lake was performed. In this way, the most unfavourable and the most favourable plausible scenario is presented regarding influence of overflow quantities on receiver quality.

The results show that the condition of water body generally deteriorates to a moderate state. COD was identified as a critical parameter that does not meet good ecological status in 8 of 10 analysed scenarios. Such results are considered unacceptable and lead to the conclusion that planned overflow is not acceptable without additional measures (e.g., providing aerators to enrich oxygen in accumulation).

It is emphasized that this is only preliminary analysis with numerous adopted assumptions. In order to obtain a more accurate image of pollution input, it is recommended to use a detailed numerical 3D model that would include all influential parameters.

**Keywords:** combined sewage system, overflow, Wastewater Treatment Plant, agglomeration Varaždin, HPP Čakovec accumulation, Regulation on water quality standard

## Popis korištenih kratica

<b>GUP</b>	Generalni urbanistički plan
<b>PUP</b>	Provedbeni urbanistički plan
<b>GOK</b>	glavni odvodni kolektor
<b>UPOV</b>	uređaj za pročišćavanje otpadnih voda
<b>CS</b>	crpna stanica
<b>ES</b>	ekvivalent stanovnika
<b>HV</b>	Hrvatske vode
<b>HE</b>	hidroelektrana
<b>PP HE</b>	Proizvodno područje hidroelektrana
<b>DNA</b>	desni nasip akumulacije
<b>LNA</b>	lijevi nasip akumulacije
<b>EU</b>	Europska unija
<b>PP</b>	povratni period
<b>BPK<sub>5</sub></b>	petodnevna biokemijska potrošnja kisika
<b>KPK</b>	kemijska potrošnja kisika
<b>TN</b>	ukupni dušik
<b>TP</b>	ukupni fosfor
<b>SS</b>	suspendirana tvar
<b>ITP</b>	krivulja intenziteta, trajanja i povratnog perioda oborine
<b>PGK</b>	prosječna godišnja koncentracija
<b>GVE</b>	granične vrijednosti emisija
<b>GVK</b>	granične vrijednosti kategorija
<b>PGK</b>	prosječna godišnja koncentracija

# SADRŽAJ

<b>1.</b>	<b>Uvod</b> .....	<b>1</b>
<b>2.</b>	<b>Ulazni podaci i podloge</b> .....	<b>4</b>
2.1.	<i>Planirani projekat UPOV-a Varaždin</i> .....	6
2.2.	<i>Zahtjevi za efluent</i> .....	7
2.3.	<i>Načelo kombiniranog pristupa</i> .....	8
2.4.	<i>Metodologija primjene kombiniranog pristupa</i> .....	9
2.5.	<i>Stanje vodnih tijela</i> .....	11
<b>3.</b>	<b>Analiza mjerodavnih preljevnih količina</b> .....	<b>13</b>
3.1.	<i>Matematički hidraulički model</i> .....	13
<b>4.</b>	<b>Analiza stanja kvalitete otpadne vode i vode u akumulaciji HE Čakovec</b> .....	<b>16</b>
4.1.	<i>Kvaliteta vode u akumulaciji HE Čakovec</i> .....	16
4.2.	<i>Kvalitete otpadne vode, ulazni podaci UPOV-a</i> .....	26
<b>5.</b>	<b>Analiza utjecaja preljevnih količina na kvalitetu vode u akumulaciji HE Čakovec</b> .....	<b>33</b>
5.1.	<i>Analiza pri kojoj se akumulacija promatra kao vodno tijelo tekućice</i> .....	33
5.1.1.	<i>Proračun koncentracija onečišćujućih tvari u akumulaciji nakon upuštanja preljevnih količina</i> .....	35
5.1.2.	<i>Analiza utjecaja dinamike rada crpki</i> .....	46
5.2.	<i>Analiza pri kojoj se akumulacija promatra kao zatvoreno vodno tijelo (jezero)</i> .....	51
5.3.	<i>Prijedlog mogućih mjera poboljšanja projektiranog rješenja</i> .....	56
<b>6.</b>	<b>Zaključak</b> .....	<b>59</b>
<b>7.</b>	<b>Literatura</b> .....	<b>62</b>
	<b>Prilozi</b> .....	<b>63</b>

## ***Popis slika***

Slika 1.1. UPOV Varaždin – glavni kolektor, kišni preljev s prijamnikom, Crpna stanica, trapezni kanal.....	2
Slika 1.2. UPOV Varaždin – biološki dio pročistača .....	3
Slika 2.1. Shema mješovite kanalizacije s kišnim rasterećenjem.....	4
Slika 2.2. Kišni preljev ispred UPOV-a Varaždin (prelijevanje u recipijent nakon oborina 7.7.2020.).....	5
Slika 2.3. Planirani kišni preljev UPOV-a Varaždin .....	6
Slika 2.4. Podjela teritorija RH na vodna područja (Plan upravljanja vodnim područjima 2016.-2021.).....	8
Slika 2.5. Granične vrijednosti kategorija ekološkog stanja za osnovne fizikalno-kemijske pokazatelje .....	12
Slika 3.1. Situacijski prikaz sustava odvodnje Varaždin – izvadak hidrauličkog matematičkog modela s naznačenom lokacijom analiziranog preljeva .....	14
Slika 3.2. Ukupni dotok na lokaciji analiziranog kišnog preljeva i preljevne količine pri pojavi mjerodavne oborine PP 5 god.....	15
Slika 3.3. Dinamika rada crpki ulazne crpne stanice UPOV-a Varaždin (pri pojavi mjerodavne oborine PP 5 god.) .....	15
Slika 4.1. Akumulacija HE Čakovec – mjesta uzorkovanja kvalitete voda u akumulaciji .....	17
Slika 4.2. Koncentracija BPK <sub>5</sub> u Akumulaciji HEČ u analiziranim kontrolnim točkama kroz period 2017.-2019.....	21
Slika 4.3. Koncentracija KPK u Akumulaciji HEČ u analiziranim kontrolnim točkama kroz period 2017.-2019.....	21
Slika 4.4. Koncentracija TN u Akumulaciji HEČ u analiziranim kontrolnim točkama kroz period 2017.-2019.....	22
Slika 4.5. Koncentracija TP u Akumulaciji HEČ u analiziranim kontrolnim točkama kroz period 2017.-2019.....	22
Slika 4.6. Temperature vode u Akumulaciji HEČ u analiziranim kontrolnim točkama kroz period 2017.-2019.....	23
Slika 4.7. Količina SS u Akumulaciji HEČ u analiziranim kontrolnim točkama kroz period 2017.-2019.....	23
Slika 4.8. Protok kroz akumulacijsko jezero HE Čakovec kroz period 2017.-2019. ....	24
Slika 4.9. Akumulacijsko jezero HE Čakovec – dobro ekološko stanje vodnog tijela za osnovne fizikalno-kemijske pokazatelje .....	25

Slika 4.10. Shematski prikaz postojećeg UPOV Varaždin.....	26
Slika 4.11. UPOV Varaždin – mjesta uzorkovanja kvalitete voda influenta (voda u aeracijskom bazenu).....	27
Slika 4.12. Količina BPK <sub>5</sub> u influentu na ulazu u UPOV Varaždin kroz period 2017.-2019. ....	29
Slika 4.13. Količina KPK u influentu na ulazu u UPOV Varaždin kroz period 2017.-2019. ....	30
Slika 4.14. Količina ukupnog dušika u influentu na ulazu u UPOV Varaždin kroz period 2017.-2019. ....	30
Slika 4.15. Količina ukupnog fosfora u influentu na ulazu u UPOV Varaždin kroz period 2017.-2019. ....	31
Slika 4.16. Količina ukupne suspendirane tvari u influentu na ulazu u UPOV Varaždin kroz period 2017.-2019. ....	31
Slika 4.17. Temperatura influenta na ulazu u UPOV Varaždin kroz period 2017.-2019. ....	32
Slika 5.1. Grafički prikaz koncentracija nakon miješanja preljevnih voda u akumulaciju – maksimalne vrijednosti koncentracija .....	37
Slika 5.2. Grafički prikaz koncentracija nakon miješanja preljevnih voda u akumulaciju – minimalne vrijednosti koncentracija .....	39
Slika 5.3. Grafički prikaz koncentracija BPK <sub>5</sub> nakon miješanja preljevnih voda i protoka kroz akumulaciju .....	41
Slika 5.4. Grafički prikaz koncentracija KPK nakon miješanja preljevnih voda i protoka kroz akumulaciju .....	41
Slika 5.5. Grafički prikaz koncentracija TN nakon miješanja preljevnih voda i protoka kroz akumulaciju .....	42
Slika 5.6. Grafički prikaz koncentracija TP nakon miješanja preljevnih voda i protoka kroz akumulaciju .....	43
Slika 5.7. Grafički prikaz temperature nakon miješanja preljevnih voda i protoka kroz akumulaciju .....	43
Slika 5.8. Grafički prikaz koncentracija SS nakon miješanja preljevnih voda i protoka kroz akumulaciju .....	44
Slika 5.9. Rasponi analiziranih parametara koji je moguće očekivati u prijamniku nakon miješanja uz prethodno usvojene pretpostavke .....	45
Slika 5.10. Grafički prikaz koncentracija BPK <sub>5</sub> nakon miješanja preljevnih voda i protoka kroz akumulaciju u ovisnosti dinamici rada crpki crpne stanice za preljevne količine.....	47
Slika 5.11. Grafički prikaz koncentracija KPK nakon miješanja preljevnih voda i protoka kroz akumulaciju u ovisnosti dinamici rada crpki crpne stanice za preljevne količine.....	47

Slika 5.12. Grafički prikaz koncentracija TN nakon miješanja preljevniha voda i protoka kroz akumulaciju u ovisnosti dinamici rada crpki crpne stanice za preljevne količine.....	48
Slika 5.13. Grafički prikaz koncentracija TP nakon miješanja preljevniha voda i protoka kroz akumulaciju u ovisnosti dinamici rada crpki crpne stanice za preljevne količine.....	49
Slika 5.14. Grafički prikaz koncentracija SS nakon miješanja preljevniha voda i protoka kroz akumulaciju u ovisnosti dinamici rada crpki crpne stanice za preljevne količine.....	49
Slika 5.15. Vrijednost analiziraniha parametara nakon miješanja preljevniha količina i protoka kroz akumulaciju u ovisnosti o dinamici rada crpki CS za preljevne količine.....	50
Slika 5.16. Grafički prikaz koncentracija nakon miješanja preljevniha voda i stalnog volumena akumulacije – maksimalne vrijednosti koncentracija.....	53
Slika 5.17. Grafički prikaz koncentracija nakon miješanja preljevniha voda i stalnog volumena akumulacije – minimalne vrijednosti koncentracija.....	55
Slika 5.18. Površinski aerator za dubinu vode manju od 2 m (Izvor: <a href="https://www.pondaeration.ca/industrial-tailings-water-treatment.html">https://www.pondaeration.ca/industrial-tailings-water-treatment.html</a> ) .....	57
Slika 5.19. Površinski aerator kao dekorativna fontana (Izvor: <a href="https://kascomarine.com/">https://kascomarine.com/</a> ).....	58
Slika 5.20. Površinski aerator kao i dekorativna fontana (Izvor: <a href="http://www.k-w-y.org/filter/Luise/Waste-Water-Fountain">http://www.k-w-y.org/filter/Luise/Waste-Water-Fountain</a> ) .....	58
Prikaz vodnih tijela na analiziranom području preklopljeno na DOF-u.....	71
Prikaz vodnih tijela na analiziranom području preklopljeno na DOF-u.....	71

## ***Popis tablica***

Tablica 4.1. kontrolna točka Č1a – koncentracije pokazatelja kvalitete vode kroz period 2017.-2019. ....	18
Tablica 4.2. kontrolna točka Č2a – koncentracije pokazatelja kvalitete vode kroz period 2017.-2019. ....	18
Tablica 4.3. kontrolna točka Č2b – koncentracije pokazatelja kvalitete vode kroz period 2017.-2019. ....	19
Tablica 4.4. kontrolna točka Č2c – koncentracije pokazatelja kvalitete vode kroz period 2017.-2019. ....	19
Tablica 4.5. Protok kroz akumulacijsko jezero HE Čakovec kroz period 2017.-2019. ....	20
Tablica 4.6. Granična vrijednost ekološkog stanja za osnovne fizikalno-kemijske pokazatelje – vrijednost 50-tog percentila .....	20
Tablica 4.7. UPOV – koncentracije parametara influenta u 2013. godini.....	27
Tablica 4.8. UPOV – koncentracije parametara influenta u 2017. godini.....	28
Tablica 4.9. UPOV – koncentracije parametara influenta u 2018. godini.....	28
Tablica 4.10. UPOV – koncentracije parametara influenta u 2019. godini.....	29
Tablica 4.11. Granične vrijednosti emisija onečišćujućih tvari u otpadnim vodama.....	32
Tablica 5.1. Raspon vrijednosti analiziranih parametara u akumulaciji HEČ.....	33
Tablica 5.2. Raspon vrijednosti analiziranih parametara u influentu na UPOV .....	33
Tablica 5.3. Tehnički podaci o crpnoj stanici za preljevne količine ispred UPOV-a.....	34
Tablica 5.4. Rad crpki crpne stanice preljevnih količina .....	34
Tablica 5.5. Izračun koncentracija nakon miješanja preljevnih voda i protoka kroz akumulaciju – maksimalne vrijednosti koncentracija .....	36
Tablica 5.6. Ocjena stanja vodnog tijela prema izračunu – maksimalne vrijednosti koncentracija .....	38
Tablica 5.7. Izračun koncentracija nakon miješanja preljevnih voda i protoka kroz akumulaciju – minimalne vrijednosti koncentracija .....	39
Tablica 5.8. Ocjena stanja vodnog tijela prema izračunu – minimalnih vrijednosti koncentracija .....	40
Tablica 5.9. Izračun koncentracija nakon miješanja preljevnih voda i protoka kroz akumulaciju u ovisnosti dinamici rada crpki crpne stanice za preljevne količine .....	46
Tablica 5.10. Ocjena stanja vodnog tijela prema izračunu – utjecaj rada crpki .....	51
Tablica 5.11. Izračun koncentracija nakon miješanja preljevnih voda i stalnog volumena akumulacije – maksimalne vrijednosti koncentracija.....	52

Tablica 5.12. Ocjena stanja vodnog tijela prema izračunu – maksimalne vrijednosti koncentracija.....	54
Tablica 5.13. Izračun koncentracija nakon miješanja preljevnih voda i stalnog volumena akumulacije – minimalne vrijednosti koncentracija.....	54
Tablica 5.14. Ocjena stanja vodnog tijela prema izračunu – minimalne vrijednosti koncentracija.....	56





## 1. UVOD

Grad Varaždin započinje s izgradnjom kanalizacije prije II. svjetskog rata izgradnjom kanalizacijske mreže u središnjem gradskom prostoru i kolektorom otvorenog tipa koji se protezao od grada do blizine Motičnjaka, s ispustom u rijeku Dravu. Na preostalom dijelu gradskog područja otpadne vode odvodile su se pomoću otvorenih kanala. S intenzivnijom izgradnjom sustava gradske kanalizacije krenulo se oko 1960.-ih godine, nakon spajanja komunalnih tvrtki odnosno osnivanjem tvrtke Varkom. Izgradnja kanalizacije uglavnom je temeljena na tadašnjem Idejnom projektu gradske kanalizacije izrađenom od strane IPZ Zagreb.

U periodu iza toga, pa sve do danas, naglo širenje urbane cjeline grada Varaždina, pratio je i intenzivniji razvoj sustava odvodnje. Ta nagla urbanizacija dovela je do toga da sustav odvodnje uglavnom nije bio sagledavan kao cjelovit, već parcijalno prema potrebama razvoja. Na taj način problematika odvodnje otpadnih voda bila je nerealno „umanjena“, čime je kasnije uzrokovala relativno skupa rješenja.

Pomak je napravljen donošenjem planskih dokumenata razvoja (GUP-a, kao i pojedinih PUP-ova), te je na taj način omogućeno da se definiraju granice područja čija će odvodnja biti riješena zajedničkim kanalizacijskim sustavom i uređajem za pročišćavanje otpadnih voda na lokaciji Motičnjak (Črna jama). Tim je rješenjima omogućeno da kanalizacija grada Varaždina prikupljene otpadne vode (sanitarne, industrijske i oborinske) prihvaća mrežom kanala i odvodi prema glavnom odvodnom kolektoru (GOK), te dalje prema uređaju za pročišćavanje otpadnih voda (UPOV).

Sustav odvodnje otpadnih voda grada Varaždina, tehnički predstavlja mješoviti sustav, što znači da se otpadne vode iz domaćinstva, industrijske i oborinske vode prihvaćaju jedinstvenom kolektorskom mrežom, ukupne dužine kanala oko 100 km. Ukupna količina mješovite otpadne vode odvodi se do glavnog kolektora profila DN3000, koji je dimenzioniran za protok od  $Q=13,2 \text{ m}^3/\text{s}$ . Nakon glavnog odvodnog kolektora, a prije mehaničkog i biološkog pročišćavanja, na sustavu je izvedeno kišno rasterećenje.

Kanalizacijski sustav dijeli se na sedam slivova, a koji su vezani uz glavne kolektore. Rasterećenje oborinske vode izvedeno je tek neposredno uz mehanički uređaj za pročišćavanje, a čega su posljedica velike dimenzije glavnih kolektora (DN 2000, DN 2200, DN 2400 i DN 3000). Način odvodnje je gravitacijski, osim u manjem dijelu južnog sliva gdje se posredstvom PS "Brezje" ukupna količina mješovite vode prepumpava u istočni kolektor.

Za gravitacijski način odvodnje karakteristični su mali padovi kanala, što povlači posljedicu male brzine tečenja i pojavu taloženja suspendiranih čestica u kanalima. Postojeći glavni

kolektori uglavnom zadovoljavaju trenutnu potrebu grada, no međutim brzo širenje stambeno-poslovnih sadržaja u jugoistočnom djelu grada Varaždina zahtjeva izgradnju novog obuhvatnog kolektora.

Sustav odvodnje aglomeracije Varaždin posljednjih godina doživio je znatno povećanje pa su u sustav uključeni i podsustavi Općine Trnovec Bartolovečki koji opterećuje centralni uređaj s cca. 15.000 ES, te podsustavi Općine Sračinec i Petrijanec koji će biti priključeni i koji će opterećivati centralni uređaj s cca. 7.500 – 10.000 ES kao i podsustav Kneginec Donji i Gornji koji će opterećivati centralni uređaj s najmanje 7.500 ES.

Prijamnik (recipijent) pročišćenih otpadnih voda UPOV-a Varaždin je desni drenažni kanal akumulacijskog jezera HE Čakovec (*Slika 1.1.*), koji se nizvodno ulijeva u staro korito rijeke Drave. Temeljem *Odluke o određivanju osjetljivih područja (NN 81/10 i 141/15)* rijeka Drava kao dio sliva rijeke Dunav koji je proglašen za osjetljivo područje i sama je postala osjetljivo područje, pa se samim time stvorila potreba za trećim stupanjem pročišćavanja otpadnih voda. Uvođenjem trećeg stupnja pročišćavanja otpadnih voda na lokaciji UPOV-a Varaždin osigurat će se zaštita kakvoće vode rijeke Drave, kao recipijenta otpadnih voda kanalizacijskog sustava odvodnje grada Varaždina.

Zbog neadekvatnih tehničkih rješenja i povremenog lošijeg rada UPOV-a Varaždin dolazi do onečišćenja i oštećenja desnog drenažnog kanala uz lokaciju UPOV-a, u koji se ispuštaju nepročišćene preljevne (rasteretne) otpadne vode. [3]



*Slika 1.1. UPOV Varaždin – glavni kolektor, kišni preljev s prijamnikom, Crpna stanica, trapezni kanal*

Republika Hrvatska kao zemlja članica Europske Unije (EU) prihvaća najbolju praksu u sferi zaštite okoliša i održivog razvoja, što znači da je i pitanje zaštite voda jedno od prioriternih.

Svjesni značenja vode u današnjem svijetu, a uvažavajući činjenicu da smo u vrhu zemalja po kvaliteti vode, opredjeljenje u smjeru zaštite hrvatskih vodotoka je neupitno i neodgodivo. Svakako da je značajni poticaj u unapređenju stanja zaštite voda i mogućnost korištenja europskih fondova, koji su na raspolaganju Hrvatskoj.

Republika Hrvatska kao zemlja članica EU ima pristup sredstvima Strukturnog i Kohezijskog fonda koji osiguravaju financijska sredstva za projekte čija je svrha postizanja učinkovite primjene nacionalnih zakona usklađenih s pravnom stečevinom EU, odnosno ispunjavanje europskih standarda, a gdje prije svega treba spomenuti: *Direktivu o odvodnji i pročišćavanju komunalnih otpadnih voda (91/271/EEC)*, *Direktivu o kakvoći vode za piće - 98/83/EC* i *Okvirnu direktiva o vodama (2000/60/EC)*.

Kao odgovor na zahtjeve koji se postavljaju pred Republiku Hrvatsku od strane EU u području zaštite okoliša i radi potrebe korištenja europskih sredstava izrađuju se Operativni programi koji uključuju zaštitu okoliša za određeno financijsko razdoblje (2014.–2020.-ta godina). Ovi programi imaju prije svega cilj određivanja prioriteta mjera i projekata, kao i operacionalizacije strateških smjernica u zaštiti okoliša.

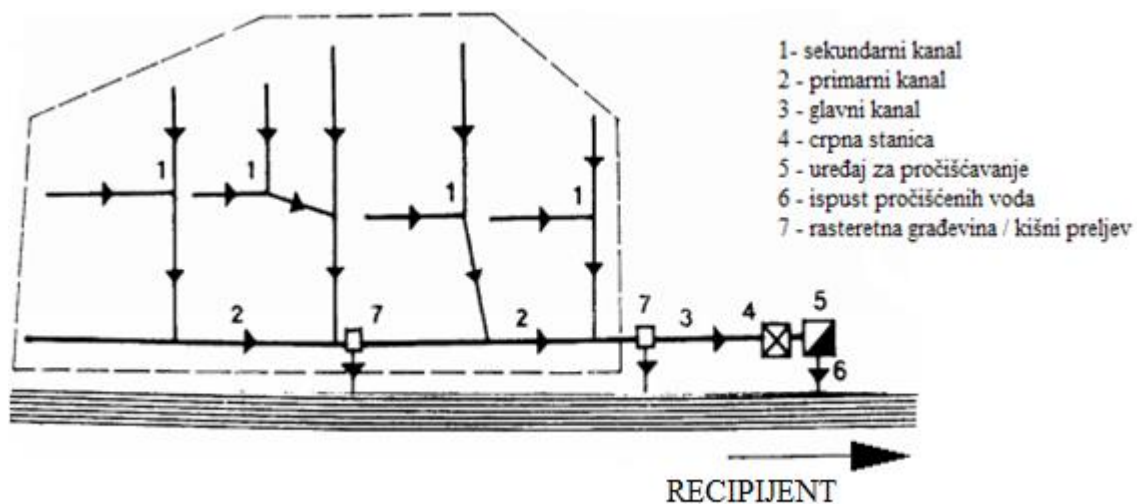
Priprema Operativnog programa koji uključuje zaštitu okoliša podrazumijeva i uvažavanje *Plana provedbe vodno-komunalnih direktiva* i *Plana upravljanja vodnim područjima* te pripremu liste projekata koji se namjeravaju prijaviti za EU sufinanciranje. Na pripremljenoj listi projekata za financijsko razdoblje (2014.–2020.-ta), nalazi se i projekt „*Odvodnja i uređaj za pročišćavanje otpadnih voda aglomeracije Varaždin*“.



Slika 1.2. UPOV Varaždin – biološki dio pročištača

## 2. ULAZNI PODACI I PODLOGE

Sustav odvodnje grada Varaždina izgrađen je kao sustav mješovitog tipa u kojem se sanitarne, industrijske i oborinske otpadne vode s područja grada te okolnih naselja dovode na uređaj za pročišćavanje. Za ovaj tip kanalizacije karakteristično je da se izvodi s kišnim prelivima (rasteretnim građevinama) (Slika 2.1.) koji kompenziraju udare u vršnim opterećenjima (za vrijeme većih oborina). Zadatak je da se kroz rasteretne objekte, prelijevanjem oborinskih i razrijeđenih otpadnih voda iz sustava odvodnje za vrijeme oborina smanji protok vode u sustavu nizvodno od rasteretne građevine. Ovim tehničkim zahvatom smanjuju se količine nizvodno i dobivaju se parametri ( $m^3$ ) protoka, koji su znatno manji što opet omogućava da se pri projektiranju koriste manji profili. Na taj način pojeftinjuje se cijeli sustav odvodnje, posebno u samom građenju, a kasnije i u eksploataciji.



Slika 2.1. Shema mješovite kanalizacije s kišnim rasterećenjem

Vidljivo je da kišna rasterećenja imaju sve veći negativni utjecaj na prijarnike. Za protoke karakteristične za periode nakon dužeg sušnog razdoblja, zapaža se da voda koja protječe kanalizacijskim sustavom značajno onečišćena. Iz tog razloga pretpostavku da su oborinske vode čiste, više ne možemo uvažiti kao točnu.

Pri razmatranju ovog problema moramo uzeti u obzir da kombinacija dva najznačajnija negativna izvora onečišćenje; utjecaj koji stvaraju komunalne-urbane otpadne vode i utjecaj koji stvaraju urbane oborinske vode, dovodi do vrlo nepovoljnih okolnosti. Ovi se negativni utjecaji zbrajaju na preljevu te zajednički izmiješane sanitarne i oborinske vode istovremeno utječu na prijarnik i njegovu kakvoću.

- Takve preljevne vode su izvor nekontroliranog onečišćenja okoliša koje može uzrokovati:
- estetsko onečišćenje zbog otpadaka koji se nalaze u otpadnim i oborinskim vodama (krpe, papiri, različito smeće)
  - povećanje zdravstvenog rizika od oboljenja za sve izravne ili neizravne korisnike prijarnika zbog fekalija koje se putem preljeva ispuštaju u prijarnik (bakteriološko onečišćenje)
  - ekološke štete u prijarniku i okolišu vezanom uz prijarnik (razne otpadne tvari sadržane u oborinskim i komunalnim otpadnim vodama)
  - smanjenje razine otopljenog kisika u prijarnicima koje može uzrokovati pomor životinja (biološki razgradive organske tvari). [11]



*Slika 2.2. Kišni preljev ispred UPOV-a Varaždin (prelivanje u recipijent nakon oborina 7.7.2020.)*

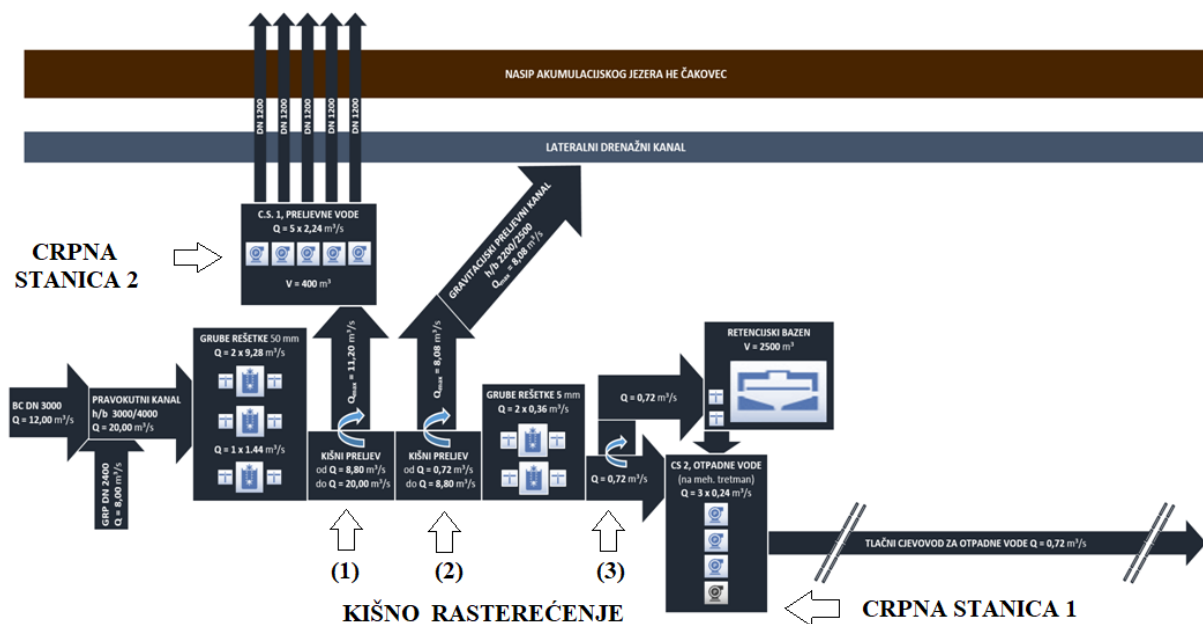
Efekt „prvog pljuska“ koji je karakterističan za preljevne vode javlja se, kod svih oborina gdje dolazi do naglog i značajnog povećanja protoka (bujičnih protoka). U tim trenucima dolazi i do naglog povećanja koncentracije otpadnih tvari. Veličina prvog pljuska ovisi o intenzitetu kiše i značajkama sliva, dok veličina tereta onečišćenja koje prvi pljusak stvara najviše ovisi o količini onečišćenja koje se u sušnom razdoblju akumuliralo na slivnoj površini, u kanalima, slivnicima i drugim dijelovima mješovitog sustava kanalizacije. Teretu valja pribrojiti i sanitarne otpadne vode u razdoblju prelivanja.

Bitni razlog danas, za kontrolu procesa u sustavu odvodnje otpadnih voda (također i kišna rasterećenja) je nova zakonska regulativa usuglašena s pravnom stečevinom EU. Kontrolom i upravljanjem tim procesima nastoje se smanjiti ili u cijelosti eliminirati negativni utjecaji na vodne resurse. [11]

Današnji zakonski i regulatorni okvir na taj način doprinosi kvalitetnijim i naprednijim tehničkim rješenjima u projektiranju i izgradnji kanalizacijskih sustava.

## 2.1. Planirani projekt UPOV-a Varaždin

Projekt „Odvodnja i uređaj za pročišćavanje otpadnih voda aglomeracije Varaždin“ razrađuje zahtjeve, tehnologiju i radove potrebne za dogradnju i rekonstrukciju UPOV-a Varaždin koji će biti kapaciteta 127.000 ES s 3. stupnjem pročišćavanja. Uređaj za pročišćavanje otpadnih voda bit će dimenzioniran na maksimalni kišni dotok otpadne vode od  $Q_{\max}=716$  l/s ( $0,716$  m<sup>3</sup>/s) koju će crpna stanica 1 transportirati na mehanički predtretman.



Slika 2.3. Planirani kišni preljev UPOV-a Varaždin

Otpadne vode dotoka većeg od  $0,716$  m<sup>3</sup>/s bit će usmjerene preko kišnog rasterećenja 3 u retencijski bazen volumena  $2.500$  m<sup>3</sup>. U retencijski bazen će utjecati protoci do  $4Q_{\text{sušno}}$  ( $1.440$  l/s) čime će se spriječiti istjecanje otpadnih voda većeg zagađenja u recipijent i osigurati njegova dodatna zaštita. Pri većim protocima uzrokovanim jačim oborinama dolazi do „ispiranja“ cjevovoda kanalizacijskog sustava te su zbog toga otpadne vode koje dotječu prema UPOV-u većeg zagađenja.

Otpadne vode dotoka većeg od 1,4 m<sup>3</sup>/s aktivirat će kišno rasterećenje (2), koji će gravitacijski transportirati preljevne vode u desni drenažni kanal akumulacije HE Čakovec. Maksimalne količine preljevnih voda preko preljevnog praga iznosit će 8,084 m<sup>3</sup>/s.

U slučaju dotjecanja protoka većih od 8,8 m<sup>3</sup>/s aktivirat će kišno rasterećenje 1 preko kojeg će se transportirati maksimalno 11,2 m<sup>3</sup>/s u crpnu stanicu 2 korisnog volumena 400 m<sup>3</sup>. Crpna stanica 2 bit će opremljena s vertikalnim crpkama (pet crpki) koje će tlačnim cjevovodom transportirati otpadne vode preko desnog nasipa akumulacije u akumulaciju HE Čakovec (*Slika 2.3.*). Crpke bi se aktivirale samo kod oborina većih povratnih perioda i pojačanog oborinskog dotoka na UPOV, kada je prijamni kapacitet desnog drenažnog jarka, kao osnovnog recipijenta preljevnih količina, već ispunjen. Ispred kišnog preljeva 1 biti će postavljene automatske lančane grube rešetke svijetlih otvora 5 cm, ukupnog kapaciteta 20 m<sup>3</sup>/s, izvedene u tri paralelne linije (6,67 m<sup>3</sup>/s svaka). Na automatskim grubim rešetkama uklanjat će se krupni otpad iz otpadnih voda što će osigurati nesmetan rad crpki u crpnoj stanici preljevnih voda i zaštititi recipijent preljevnih voda odnosno akumulaciju HE Čakovec. [4]

## 2.2. Zahtjevi za efluent

Standard kvalitete ispuštene otpadne vode u Republici Hrvatskoj definiran je sljedećim zakonskim i podzakonskim aktima:

- *Zakon o vodama (NN 66/19)*
- *Pravilnik o graničnim vrijednostima emisija otpadnih voda (NN 26/20)*
- *Uredba o standardu kakvoće voda (NN 96/19)*

Prijamnik pročišćenih otpadnih voda UPOV-a Varaždin je desni drenažni kanal akumulacijskog jezera HE Čakovec, koji se dalje nizvodno ulijeva u staro korito rijeke Drave. Predviđeno je da budućim projektom, prijamnik preljevnih količina s kišnog preljeva ispred UPOV-a bude drenažni jarak i akumulacijsko jezero HE Čakovec (kod jačih oborina).

Sukladno *Odluci o određivanju osjetljivih područja (NN 81/10, NN 141/15)* rijeka Drava pripada slivu rijeke Dunav (*Slika 2.4.*), koji je proglašen za osjetljivo područje. Iz tog proizlazi obveza trećeg stupnja pročišćavanja otpadnih voda.





Slika 2.4. Podjela teritorija RH na vodna područja (Plan upravljanja vodnim područjima 2016.-2021.)

Osim obveznog stupnja pročišćavanja, odnosno graničnih vrijednosti emisija otpadnih voda, dozvoljeno opterećenje efluenta onečišćujućim tvarima također ovisi o stanju vodnog tijela, odnosno prijarnika u koje se ispušta pročišćena otpadna voda. S obzirom na relevantnu zakonsku regulativu, definirana je metodologija za procjenu stanja vodnog tijela, s ciljem zaštite vodnog okoliša u Republici Hrvatskoj.

### 2.3. Načelo kombiniranog pristupa

Načelo kombiniranog pristupa definirano je *Zakonom o vodama, člankom 68. (NN br. 66/19)*. Ovaj pristup podrazumijeva smanjenje onečišćenja voda iz točkastih i raspršenih izvora s ciljem postizanja dobrog stanja voda i njegova je primjena obavezna za sva vodna tijela površinskih i podzemnih voda.

Načelo kombiniranog pristupa promatra sastav ispuštenih i pročišćenih otpadnih voda, kao i njihov utjecaj na stanje voda prijarnika. Ovisno o stanju vodnog tijela provjeravaju se i utvrđuju dopuštene granične vrijednosti emisija (GVE) i opterećenje onečišćujućih tvari u pročišćenim otpadnim vodama, s ciljem postizanja dobrog stanja voda.

Granične vrijednosti emisija (GVE) onečišćujućih tvari propisane su *Pravilnikom o graničnim vrijednostima emisija otpadnih voda, prilog 1-23 (NN 26/20)* za slučajeve kada se ne pogoršava dobro stanje (opterećenje u otpadnim vodama određuje se na temelju podataka o stanju voda i provedenog monitoringa voda).

U slučajevima kada se ne može postići dobro stanje voda, propisuju se dopunske mjere zaštite i stroži uvjeti GVE onečišćujućih tvari koje se provode uz osnovne mjere.

Propisivanje strožih graničnih vrijednosti emisija onečišćivačima vrši se sukladno Metodologiji primjene kombiniranog pristupa, tek kao dopunska mjera i to nakon što svi onečišćivači na vodnom tijelu provedu osnovne mjere. Po provedbi osnovnih mjera utvrđuju se učinci tih mjera na stanje voda i definiraju se eventualne potrebne dopunske mjere u novim Planovima upravljanja vodnim područjima. [10]

## **2.4. Metodologija primjene kombiniranog pristupa**

Metodologiju donose Hrvatske vode (HV) temeljem *Pravilnika o graničnim vrijednostima emisija otpadnih voda (NN 26/20)*, članka 10. stavka 3., a izrađena je temeljem odredbi:

- *Pravilnika o graničnim vrijednostima emisija otpadnih voda (NN 26/20)*
- *Uredbe o standardu kakvoće voda (NN 96/19)*,
- *Plana upravljanja vodnim područjima 2016.-2021.*,
- *Plana provedbe vodno-komunalnih direktiva (2010-2013)*
- *Okvirne direktive o vodama 2000/60/EC.*

Metodologija primjene kombiniranog pristupa koristi se za:

- procjene utjecaja zahvata na okoliš,
- ocjeni o potrebi procjene utjecaja zahvata na okoliš,
- postupku ocjene prihvatljivosti zahvata za ekološku mrežu,
- kod izrade koncepcijskih rješenja,
- studija izvodljivosti i druge dokumentacije,
- izdavanja vodopravnih uvjeta,
- prilikom izdavanja vodopravnih potvrda/potvrda na glavni projekt,
- izdavanja vodopravnih dozvola za ispuštanje otpadnih voda,
- davanja mišljenja i ocjene u postupku izdavanja okolišne dozvole,

te svim ostalim slučajevima kada je potrebno utvrditi granične vrijednosti emisija za ispuštanje u površinske vode.

Metodologijom se propisuju:

- obveznici za koje se utvrđuju GVE otpadnih voda za ispuštanja u tipizirana vodna tijela, ispuštanja u netipizirana vodna tijela, umjetna vodna tijela i značajno promijenjena vodna tijela, kanale i sl.

Kod propisivanja metodologije mora se obratiti pažnja na:

- mjerodavni protok prijarnika i protok pročišćenih otpadnih voda
- način određivanja graničnih vrijednosti emisija/opterećenja onečišćujućih tvari u pročišćenim otpadnim vodama za ispuštanje u površinske vode.

Metodologija se temelji na:

A. Ocjeni stanja površinskih voda (tekućica, stajaćica) iz važećeg Plana upravljanja vodnim područjima i njihovoj prijemnoj moći, koja ovisi o biološkim elementima kakvoće, osnovnim fizikalno-kemijskim elementima koji prate biološke elemente kakvoće, kemijskim i hidromorfološkim elementima te protoku površinskih voda.

B. Ocjeni stanja površinskih voda (prijelazne i priobalne vode) iz važećeg Plana upravljanja vodnim područjima i njihovoj prijemnoj moći, koja ovisi o biološkim, fizikalno-kemijskim elementima koji prate biološke elemente kakvoće, kemijskim i hidromorfološkim elementima te dinamici voda. [10]

*Metodologija primjene kombiniranog pristupa, poglavljem 6., obuhvaća određivanje GVE, odnosno opterećenja onečišćujućih tvari u pročišćenim otpadnim vodama za ispuštanje u površinske vode, uzimajući u obzir granične vrijednosti kategorija ekološkog stanja (GVK) za osnovne fizikalno-kemijske pokazatelje i za specifične onečišćujuće tvari te standarde kakvoće vodnog okoliša (SKVO) za prioritetne i prioritetne opasne tvari. Potpoglavljem 6.2., Ispuštanje pročišćenih otpadnih voda u stajaćice, navodi se da se „ne dozvoljava ispuštanje otpadnih voda u akumulacije i retencije te prirodna jezera koja su namijenjena za vodoopskrbu ili rekreaciju.*

U ostalim slučajevima granične vrijednosti emisija osnovnih fizikalno-kemijskih pokazatelja, specifičnih onečišćujućih tvari te prioritetnih i prioritetnih opasnih tvari u pročišćenim otpadnim vodama za ispuštanje u stajaćice, određuju se prema *Prilozima 1-23. Pravilnika o graničnim vrijednostima emisija otpadnih voda.*“[10]

HE Čakovec je protočna hidroelektrana stoga pripadajuća joj akumulacija, kao vodno tijelo, pripada u kategoriju tekućica (vodno tijelo CDRN0002\_017, Drava) pa će i takva ulaziti u analizu. Kišno rasterećenje UPOV-a Varaždin neće ispuštati pročišćene otpadne vode u

akumulaciju nego preljevne količine koje čini mješoviti dotok od oborina, ali dijelom i nepročišćenih (iako razrijeđenih) otpadnih voda

## 2.5. Stanje vodnih tijela

Stanje voda određuje se na razini vodnih tijela. Vodna tijela predstavljaju osnovne jedinice za određivanje stanja bioloških elemenata kakvoće, ekološkog stanja i ekološkog potencijala, kemijskog stanja i ukupnog stanja.

Stanje vodnog tijela ocjenjuje se prema vrijednosti 50-tog percentila za rijeke, prijelazne i priobalne vode, odnosno prosječnoj godišnjoj koncentraciji (PGK) za jezera. Ove se vrijednosti nazivaju mjerodavnim vrijednostima te se izračunavaju na temelju svih rezultata mjerenja, izmjerenih u različitim razdobljima tijekom kalendarske godine.

Analiza unosa opterećenja u akumulaciju provedena je u odnosu na raspoložive ulazne podatke. Zbog nedostatka kontinuiranih podataka tijekom kalendarske godine, odnosno više godina, korišteni su podaci o minimalnim i maksimalnim vrijednostima koncentracija pokazatelja kvalitete vode influenta i prijarnika, te minimalne i maksimalne vrijednosti protoka kroz akumulaciju HE Čakovec. Ovi podaci korišteni su kao ulazni parametri za izračun koncentracija nakon miješanja preljevnih voda i akumulacije, te određivanje GVK-a ekološkog stanja vodnog tijela za osnovne fizikalno-kemijske elemente kakvoće.

Granične vrijednosti kategorija ekološkog stanja/potencijala osnovnih fizikalno-kemijskih i kemijskih elemenata kakvoće koji prate biološke elemente, navedene su u *Uredbi o standardu kakvoće voda (NN 96/19), Prilog 2.C.*, za promatrano vodno tijelo akumulacije HE Čakovec, *tablica 6. (Slika 2.5.)* [8]

Ekološko stanje vodnog tijela razvrstava se na temelju rezultata monitoringa čija se učestalost određuje *Uredbom o standardu kakvoće voda (NN 96/19), Prilog 7*, a ocjenjuje se i prikazuje na kartama određenom bojom kao:

1. vrlo dobro ekološko stanje – plava boja
2. dobro ekološko stanje – zelena boja
3. umjereno ekološko stanje – žuta boja
4. loše ekološko stanje – narančasta boja
5. vrlo loše ekološko stanje – crvena boja

EKOREG.	OZNAKA TIPA	KATEGORIJA EKOLOŠKOG STANJA	Granična vrijednost ekološkog stanja za osnovne fizikalno-kemijske pokazatelje – vrijednost 50-og percentila							
			Zakiselj.	Režim kisika		Hranjive tvari				
			pH	BPK5 mg O2/l	KPK-Mn mg O2/l	Amonij mg N/l	Nitrati mg N/l	Ukupni dušik mg N/l	Orto-fosfati mg P/l	Ukupni fosfor mg P/l
PANONSKA	HR-R_1	vrlo dobro	7,4-8,5	1,5	2	0,04	0,5	1	0,02	0,05
		dobro	7,0-7,4 8,5-9,0	4	6	0,16	1,5	2	0,07	0,2
	HR-R_2a	vrlo dobro	7,4-8,5	2	2,5	0,1	1	1,4	0,09	0,13
		dobro	7,0-7,4 8,5-9,0	5	5,5	0,3	2	2,6	0,2	0,3
	HR-R_2b	vrlo dobro	7,4-8,5	1,2	2	0,04	0,5	1	0,03	0,05
		dobro	7,0-7,4 8,5-9,0	3,3	6	0,16	1,5	2	0,1	0,2
	HR-R_3a	vrlo dobro	7,4-8,5	1,5	2	0,03	1	1,3	0,03	0,05
		dobro	7,0-7,4 8,5-9,0	4	5	0,14	2	3	0,1	0,2
	HR-R_3b	vrlo dobro	7,4-8,5	3	5	0,09	1	1,8	0,1	0,15
		dobro	7,0-7,4 8,5-9,0	7	9	0,35	2	3,8	0,25	0,35
	HR-R_4	vrlo dobro	7,4-8,5	1,2	1,8	0,07	0,7	1,1	0,03	0,05
		dobro	7,0-7,4 8,5-9,0	3,3	5,5	0,2	1,3	2	0,1	0,2
	HR-R_5a	vrlo dobro	7,4-8,5	1,4	1,7	0,06	0,5	1,1	0,015	0,03
		dobro	7,0-7,4 8,5-9,0	2,9	3,3	0,14	1	1,7	0,04	0,1
	HR-R_5b	vrlo dobro	7,4-8,5	1,5	2,5	0,02	0,8	1,2	0,03	0,05
		dobro	7,0-7,4 8,5-9,0	3,5	5,5	0,2	1,8	2,5	0,1	0,2
	HR-R_5c	vrlo dobro	7,4-8,5	1,5	2,5	0,02	0,8	1,2	0,03	0,05
		dobro	7,0-7,4 8,5-9,0	3,5	5,5	0,2	1,8	2,5	0,1	0,2
	HR-R_5d	vrlo dobro	7,4-8,5	1,8	2,4	0,02	1	1,5	0,03	0,05
		dobro	7,0-7,4 8,5-9,0	4	5	0,2	2	3	0,1	0,2

Slika 2.5. Granične vrijednosti kategorija ekološkog stanja za osnovne fizikalno-kemijske pokazatelje

Ocjena stanja tijela površinske vode na temelju osnovnih fizikalno-kemijskih i kemijskih elementa koji prate biološke elemente, određuje se najlošijom od vrijednosti rezultata ocjene pokazatelja, određene *Uredbom o standardu kakvoće voda (NN 96/19), Prilog A*, a ocjenjuje se i prikazuje na kartama određenom bojom kao: [8]

1. vrlo dobro stanje – plava boja
2. dobro stanje – zelena boja
3. umjereno stanje – žuta boja

Za potrebe daljnje analize opterećenja kišnog preljeva u vodno tijelo Drava upućen je Zahtjev za pristup informacijama Hrvatskim vodama za stanje vodnih tijela – akumulacije HE Čakovec, desnog drenažnog kanala akumulacije HE Čakovec te starog korita rijeke Drave nakon betonske brane hidroelektrane Čakovec. Zahtjev i dobiveni Izvadak iz Registra vodnih tijela priloženi su u sklopu Priloga 1, odnosno Priloga 2.

### 3. ANALIZA MJERODAVNIH PRELJEVNIH KOLIČINA

Sustav odvodnje grada Varaždina izveden je kao mješovit sustav. U sadašnjem stanju on je zastario u smislu tehnologije, nepotpun je, nespojiv sa sadašnjim i budućim razvojnim planovima grada Varaždina i okolnih naselja te ne zadovoljava zakonske propise i odredbe. Planiranom izgradnjom aglomeracije i rekonstrukcijom UPOV-a sustav i dalje ostaje mješoviti.

Mješovita odvodnja sanitarnih, industrijskih i oborinskih voda grada Varaždina s okolnim prigradskim naseljima definirana je jedinstvenim sustavom s centralnim uređajem za pročišćavanje. Sadašnji sustav ima kišno rasterećenje izvedeno u desni drenažni jarak akumulacije HE Čakovec koji je ujedno i recipijent pročišćenih otpadnih voda UPOV-a. Planiranom rekonstrukcijom to kišno rasterećenje u slučaju većih oborina (više od  $8,8 \text{ m}^3$ ) ispušta se u recipijent, Akumulaciju HE Čakovec.

U nastavku ovog rada izvedena je analiza tog kišnog rasterećenja te sam utjecaj na predmetni recipijent – Akumulaciju HE Čakovec. Za kvalitetnu analizu potreban je matematički hidraulički model sustava postojećeg stanja koji omogućava kvalitetnu provjeru pouzdanosti cjelokupnog sustava u odnosu na karakteristična hidraulička stanja (za suhi i mješoviti dotok). Također, važno je naglasiti da je matematički hidraulički model osnovna podloga za rekonstrukciju sustava.

#### 3.1. Matematički hidraulički model

Zbog složenosti cijelog sustava odvodnje Varaždin - mješovitost dotoka (odvodnja sanitarnih, industrijskih i oborinskih voda zajedničkom mrežom kanala), tlocrtna dispozicija sustava, interpolacija većeg broja kišnih rasterećenja i crpnih stanica, pojava uspornog tečenja, kao i tečenja pod tlakom i dr., da bi se izvršila detaljna analiza sustava i opisalo postojeće stanje sustava, izrađuje se matematički hidraulički model. Matematičke operacije kojima bi se realna stanja tečenja unutar tako složenog sustava opisala ručno, izuzetno su zahtjevne i složene, a pojedina se stanja i zakonitosti niti ne mogu opisati takvim pristupom. Prema tome, uvid u realna stanja tečenja otpadne vode kroz sustav može se dobiti isključivo korištenjem sofisticiranog matematičkog hidrauličkog modela.

Da bi matematički model u što kvalitetnijoj mjeri opisivao buduća stanja, isti je potrebno kalibrirati na postojećem stanju, što uključuje provođenje odgovarajućih terenskih mjerenja na samom sustavu (mjerenje hidrauličkih parametara).

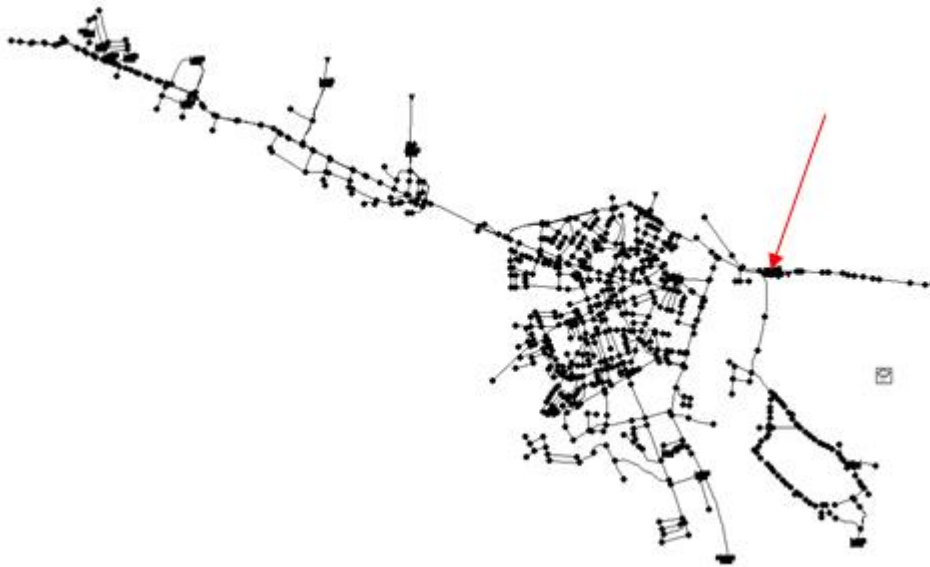
Metodologija izrade matematičkog modela koji je primijenjen na sustav odvodnje grada Varaždina izveden je na sljedeći način. Izrađuje se analiza postojećeg stanja, odnosno ulaznih

podataka kao definiranje postojećih elemenata sustava odvodnje, mjerodavna opterećenja sustava sanitarnim, industrijskim i oborinskim vodama te definiranje slivnih površina.

Koristeći programski paket EPA SWMM (Environmental Protection Agency Storm Water Management Model) [13], izrađuje se model postojećeg stanja sustava odvodnje Varaždin kojim su detaljno obuhvaćeni svi prateći elementi i objekti (crpne stanice, kišni preljevi, ispusti i dr.). Model postojećeg stanja potrebno je kalibrirati nakon provedenih terenskih mjerenja u karakterističnim točkama – kontinuirano mjerenje dubine vode u kanalu, veličine protoka, brzine tečenja, višemjesečno mjerenje kišnih događaja.

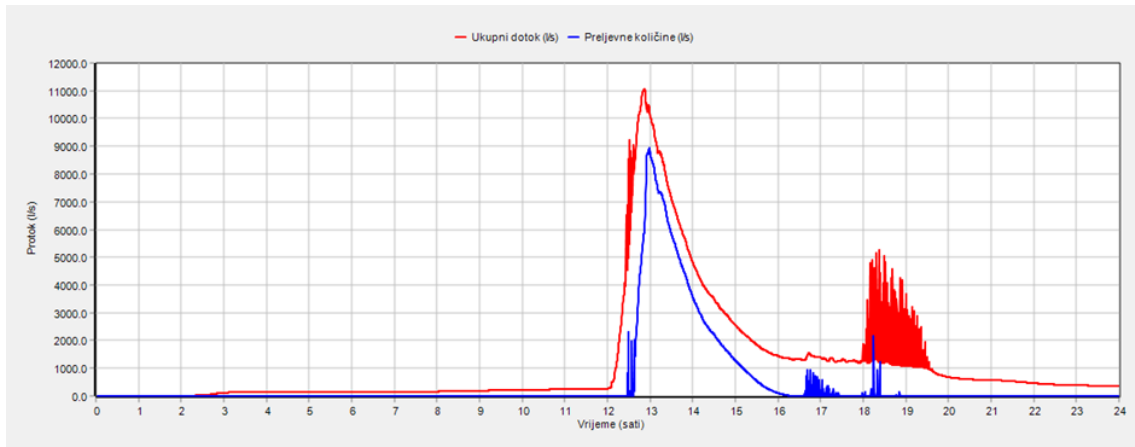
Kod proračuna mjerodavnih količina oborinskog dotoka, za potrebe izrade matematičkog modela budućeg stanja, primijenjena je metodologija s ITP krivuljama. Mjerodavni kišni događaji, razmatrani za potrebe izrade matematičkog modela postojećeg stanja, određeni su s povratnim periodom od 1, 3 i 5 godina, te trajanja oborina od 25, 35 i 45 minuta. [1]

Hidraulički matematički model sustava odvodnje Varaždin izrađen je od strane Građevinskog fakulteta u Zagrebu, Zavod za hidrotehniku. Za izradu diplomskog rada model je korišten kao ulazna podloga za analizu, odnosno očitani su podaci iz kreiranog modela na poziciji postojećeg kišnog rasterećenja (*Slika 3.1.*) - preljeva ispred UPOV-a.

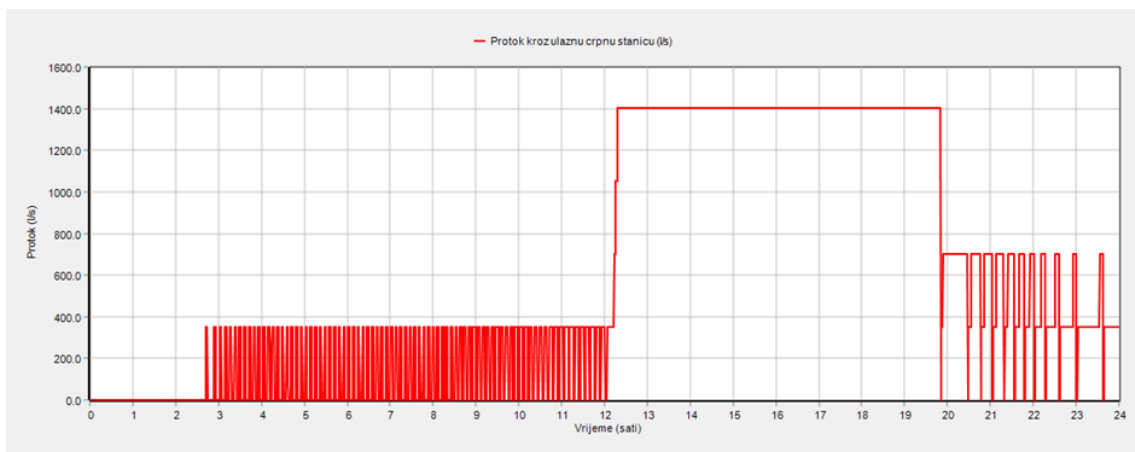


*Slika 3.1. Situacijski prikaz sustava odvodnje Varaždin – izvadak hidrauličkog matematičkog modela s naznačenom lokacijom analiziranog preljeva*

Ovisno o mjerodavnom trajanju oborina za povratni period od 5 godina dobivamo podatke koji prikazuju da će predviđeni ukupni maksimalni dotok na kišni preljev biti  $Q_{\max} = 11,2 \text{ m}^3/\text{s}$ , a maksimalne preljevne količine  $Q = 8,8 \text{ m}^3/\text{s}$ . Dobiveni podaci prikazani su grafički (*Slika 3.2.*).



Slika 3.2. Ukupni dotok na lokaciji analiziranog kišnog preljeva i prelivne količine pri pojavi mjerodavne oborine PP 5 god



Slika 3.3. Dinamika rada crpki ulazne crpne stanice UPOV-a Varaždin (pri pojavi mjerodavne oborine PP 5 god.)

Nadalje, u slučaju takvog maksimalnog dotoka na kišni preljev i prelivnih količina, pri pojavi mjerodavne oborine za povratni period od 5 godina, planirane crpke u ulaznoj CS, koje će tlačnim cjevovodom transportirati otpadne vode u akumulaciju HE Čakovec, u tom trenutku rade s ukupnim kapacitetom od 1.400 l/s. (Slika 3.3.).

Na temelju dobivenih podataka kalibriranog hidrauličkog matematičkog modela može se zaključiti da je maksimalni iznos prelivnih količina, koje se pri pojavi mjerodavne oborine prelijevaju iz sustava odvodnje oko 9 m<sup>3</sup>/s. Prema tome, za očekivati je da se pri pojavi mjerodavne oborine za povratni period od 5 godina u crpnoj stanici neće aktivirati svih 5 crpki, već da će se posljednja, peta crpka, aktivirati samo u slučajevima još jačih, ekstremnijih, oborina. Dakle, manje od jednom u 5 godina prosječno, kada je prijamni kapacitet desnog drenažnog jarka, kao osnovnog recipijenta prelivnih količina, već ispunjen.



## 4. ANALIZA STANJA KVALITETE OTPADNE VODE I VODE U AKUMULACIJI HE ČAKOVEC

Kod analize stanja kvalitete otpadne vode i vode u akumulaciji korišteni su podaci dobiveni od tvrtke Varkom d.d., za kvalitetu otpadnih voda te HEP Proizvodnja d.o.o., PP HE Sjever, za kvalitetu vode u akumulaciji.

Tvrtka Varkom d.d. ispituje ulazne i izlazne koncentracije otpadne vode na 24 satnim kompozitnim uzorcima koji se ispituju i određuju na temelju *Pravilniku o graničnim vrijednostima emisija otpadnih voda (NN 26/20)* te prema *Vodopravnoj dozvoli (Klasa: UP/I-325-04/13-05/0158, Ur.br. 374-26-3-13-3.)*. Učestalost uzorkovanja prema predmetnom *Pravilniku (NN. br. 26/20., članak 13.)* određuje se prema količini otpadne vode i veličini uređaja (ES). Za područje koje pokriva Varaždin – Uređaj za pročišćavanje otpadnih voda ES iznosi oko 140 000, a količina otpadne vode oko 40 000 m<sup>3</sup> na dan. [12]

HEP Proizvodnja d.o.o. ispituje kvalitetu površinskih i podzemnih voda kroz fizikalno-kemijska, biološka, mikrobiološka ispitivanja te kontrolu ihtiofaune u sklopu procjene vrste voda, odnosno ocjenjivanja njezine kakvoće, utvrđivanja utjecaja brane na promjenu kakvoće ishodišne vode (protok kroz HE Čakovec) i prema potrebi utvrđivanja potrebnih mjera zaštite voda, te praćenje stanja ekosustava.

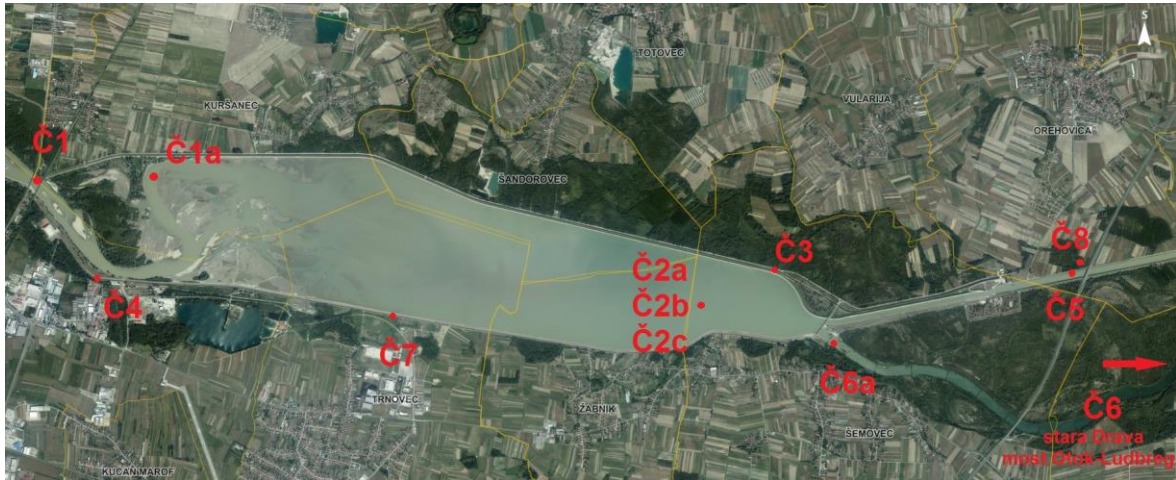
Ispitivanja se izvode prema *Projektu tehničkih promatranja (izrađen na temelju Pravilnika o tehničkom promatranju visokih brana, službeni list SFRJ br.7/66; članak 8., stavak 1.)*. Predmetni Projekt definira sustav tehničkih promatranja, vrstu, obim i učestalost mjerenja i pregled objekata hidroelektrane te mjerenja i pregleda prostora na kojem hidroelektrana ima utjecaj. Tehnička promatranja provode se u svrhu određivanja stanja, tj. sigurnosti visokih brana i pratećih objekata te s ciljem donošenja ocjene utjecaja hidroelektrane na okoliš.

### 4.1. Kvaliteta vode u akumulaciji HE Čakovec

Uzorkovanje kvalitete vode u akumulaciji HE Čakovec izvodi se prema *Projektu tehničkih promatranja* koja se vrše kvartalno kroz tekuću godinu na određenim, fiksnim kontrolnim točkama. Na *Slici 4.1.* označene su kontrolne točke određene predmetnim Projektom, a za daljnju analizu uzete su kao relevantne za potrebe predmetne analize četiri kontrolne točke: Č1a, Č2a, Č2b, Č2c.

Podaci koji su uzeti za analizu u tim točkama su koncentracije pokazatelja kvalitete vode [mg/l] BPK<sub>5</sub>, KPK, TN, TP, SS, te temperatura vode [°C] u protekle tri godine, 2017. do 2019.

godina (Tablice 4.1. do 4.4.). [5]



Slika 4.1. Akumulacija HE Čakovec – mjesta uzorkovanja kvalitete voda u akumulaciji

- Č1 – rep akumulacijskog jezera HE Čakovec (kod željezničkog mosta)
- Č1a – akumulacijsko jezero HE Čakovec (kod rekreacijskog centra)
- Č2a – akumulacijsko jezero HE Čakovec uzvodno od ustave – površina
- Č2b – akumulacijsko jezero HE Čakovec uzvodno od ustave – sredina
- Č2c – akumulacijsko jezero HE Čakovec uzvodno od ustave – dno
- Č3 – lijevi drenažni jarak akumulacijskog jezera HE Čakovec (stac. 1+260 LNA)
- Č4 – desni drenažni jarak akumulacijskog jezera HE Čakovec (prije UPOV-a Varaždin, stac. 7+500 DNA)
- Č5 – odvodni kanal HE Čakovec (kod utoka vodotoka Jezerčica u odvodni kanal)
- Č6 – biološki minimum rijeke Drave HE Čakovec (kod mosta Otok-Ludbreg)
- Č6a – biološki minimum rijeke Drave HE Čakovec (slapište brane HE Čakovec)
- Č7 – desni drenažni jarak akumulacijskog jezera HE Čakovec (500 m nakon utoka UPOV-a Varaždin)

Tablica 4.1. kontrolna točka Č1a – koncentracije pokazatelja kvalitete vode kroz period 2017.-2019.

**Č1a - akumulacijsko jezero HE Čakovec (kod rekreacijskog centra)**

	BPK <sub>5</sub> [mg O <sub>2</sub> /l]	KPK [mg O <sub>2</sub> /l]	ukupni dušik TN [mg N/l]	ukupni fosfor TP [mg P/l]	temp. vode [°C]	suspendirane tvari SS [mg/l]
11.05.2017.	1,10	< 4	1,50	0,17	15,40	16,90
28.06.2017.	0,50	< 4	0,60	0,04	22,90	< 5
18.10.2017.	1,50	< 4	1,10	0,06	13,00	15,10
21.11.2017.	2,00	< 4	1,50	0,03	7,00	< 5
09.05.2018.	0,60	< 4	1,00	0,08	12,70	19,00
12.06.2018.	0,80	4,20	1,30	0,08	20,80	8,20
11.09.2018.	1,00	5,80	1,00	0,09	21,20	11,00
20.11.2018.	1,20	< 4	1,20	0,06	0,00	7,40
24.04.2019.	1,10	< 4	1,30	0,07	12,80	10,70
03.07.2019.	1,00	< 4	0,90	0,09	22,60	14,90
16.10.2019.	1,10	4,40	1,10	0,01	15,20	8,50
03.12.2019.	0,90	4,90	1,50	0,05	5,60	16,40
<i>srednja vrijednost</i>	1,07	4,83	1,17	0,07	14,10	12,81
<i>minimalna vrijednost</i>	0,50	< 4	0,60	0,01	0,00	< 5
<i>maksimalna vrijednost</i>	2,00	5,80	1,50	0,17	22,90	19,00

Tablica 4.2. kontrolna točka Č2a – koncentracije pokazatelja kvalitete vode kroz period 2017.-2019.

**Č2a - akumulacijsko jezero HE Čakovec uzvodno od ustave - površina**

	BPK <sub>5</sub> [mg O <sub>2</sub> /l]	KPK [mg O <sub>2</sub> /l]	ukupni dušik TN [mg N/l]	ukupni fosfor TP [mg P/l]	temp. vode [°C]	suspendirane tvari SS [mg/l]
11.05.2017.	0,60	< 4	1,50	0,06	14,20	7,60
28.06.2017.	2,70	< 4	1,00	0,05	23,80	7,90
18.10.2017.	1,70	< 4	1,40	0,02	13,80	< 5
21.11.2017.	1,70	< 4	1,80	0,05	7,40	< 5
09.05.2018.	0,90	< 4	0,80	0,06	12,70	11,10
12.06.2018.	0,50	< 4	1,20	0,06	20,20	5,20
11.09.2018.	0,50	< 4	1,30	0,04	21,20	6,30
20.11.2018.	1,40	< 4	1,40	0,11	1,10	20,40
24.04.2019.	1,20	< 4	1,50	0,04	14,20	< 5
03.07.2019.	1,00	< 4	1,00	0,07	24,30	5,50
16.10.2019.	1,00	< 4	1,20	0,03	14,80	< 5
03.12.2019.	1,20	< 4	1,50	0,06	6,40	19,90
<i>srednja vrijednost</i>	1,20	< 4	1,30	0,05	14,51	10,49
<i>minimalna vrijednost</i>	0,50	< 4	0,80	0,02	1,10	< 5
<i>maksimalna vrijednost</i>	2,70	< 4	1,80	0,11	24,30	20,40

Tablica 4.3. kontrolna točka Č2b – koncentracije pokazatelja kvalitete vode kroz period 2017.-2019.

**Č2b - akumulacijsko jezero HE Čakovec uzvodno od ustave – sredina**

	BPK <sub>5</sub> [mg O <sub>2</sub> /l]	KPK [mg O <sub>2</sub> /l]	ukupni dušik TN [mg N/l]	ukupni fosfor TP [mg P/l]	temp. vode [°C]	suspendirane tvari SS [mg/l]
11.05.2017.	0,70	< 4	1,40	0,05	13,80	6,50
28.06.2017.	1,50	< 4	1,10	0,06	22,90	6,90
18.10.2017.	1,70	< 4	1,14	0,02	13,60	< 5
21.11.2017.	1,70	< 4	1,60	0,04	7,20	< 5
09.05.2018.*						
12.06.2018.	0,60	< 4	1,40	0,10	19,80	18,30
11.09.2018.	< 0,5	< 4	1,30	0,08	20,60	15,00
20.11.2018.	1,20	< 4	1,40	0,09	1,10	21,90
24.04.2019.	1,40	< 4	1,60	0,06	13,60	< 5
03.07.2019.	0,90	< 4	1,20	0,09	22,80	18,90
16.10.2019.	1,00	< 4	1,30	0,02	14,60	5,60
03.12.2019.	1,50	< 4	1,50	0,06	6,40	22,70
<i>srednja vrijednost</i>	1,22	< 4	1,36	0,06	14,22	14,48
<i>minimalna vrijednost</i>	0,60	< 4	1,10	0,02	1,10	< 5
<i>maksimalna vrijednost</i>	1,70	< 4	1,60	0,10	22,90	22,70

\* nije izvršeno uzorkovanje

Tablica 4.4. kontrolna točka Č2c – koncentracije pokazatelja kvalitete vode kroz period 2017.-2019.

**Č2c - akumulacijsko jezero HE Čakovec uzvodno od ustave – dno**

	BPK <sub>5</sub> [mg O <sub>2</sub> /l]	KPK [mg O <sub>2</sub> /l]	ukupni dušik TN [mg N/l]	ukupni fosfor TP [mg P/l]	temp. vode [°C]	suspendirane tvari SS [mg/l]
11.05.2017.	0,70	< 4	1,60	0,09	13,20	11,30
28.06.2017.	1,00	< 4	1,20	0,07	22,50	15,20
18.10.2017.	1,30	< 4	1,40	0,08	13,20	27,80
21.11.2017.	2,00	< 4	1,70	0,05	6,60	5,90
09.05.2018.	1,00	< 4	1,00	0,11	12,70	24,00
12.06.2018.	0,50	< 4	1,40	0,13	18,10	31,00
11.09.2018.	< 0,5	< 4	1,30	0,10	20,20	22,50
20.11.2018.	1,20	< 4	1,40	0,13	1,10	35,90
24.04.2019.	1,20	< 4	1,60	0,05	12,80	9,40
03.07.2019.	0,80	< 4	1,20	0,12	21,60	33,00
16.10.2019.	1,10	< 4	1,20	0,02	14,40	9,70
03.12.2019.	1,50	< 4	1,50	0,08	6,60	27,70
<i>srednja vrijednost</i>	1,12	< 4	1,38	0,09	13,58	21,12
<i>minimalna vrijednost</i>	0,50	< 4	1,00	0,02	1,10	5,90
<i>maksimalna vrijednost</i>	2,00	< 4	1,70	0,13	22,50	35,90

Tablica 4.5. Protok kroz akumulacijsko jezero HE Čakovec kroz period 2017.-2019.

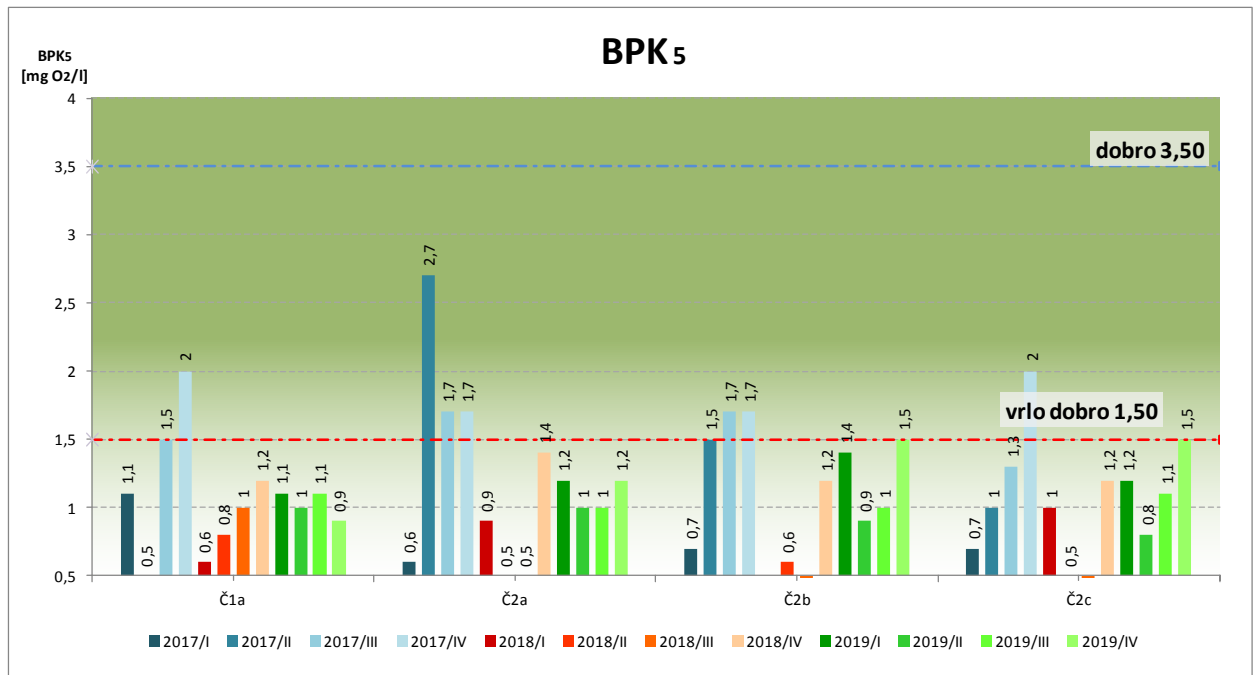
**Protok kroz akumulaciju HEČ 2017.- 2019.**

	srednji Q [m <sup>3</sup> /s]	minimalni Q [m <sup>3</sup> /s]	maksimalni Q [m <sup>3</sup> /s]
2017/I	156	141	172
2017/II	232	185	268
2017/III	359	264	500
2017/IV	290	247	360
2018/I	301	247	353
2018/II	537	463	623
2018/III	264	231	287
2018/IV	300	193	414
2019/I	197	156	231
2019/II	420	305	544
2019/III	256	236	291
2019/IV	396	175	625
<i>srednja vrijednost</i>	309	237	389
<i>minimalna vrijednost</i>	156	141	172
<i>maksimalna vrijednost</i>	537	463	625

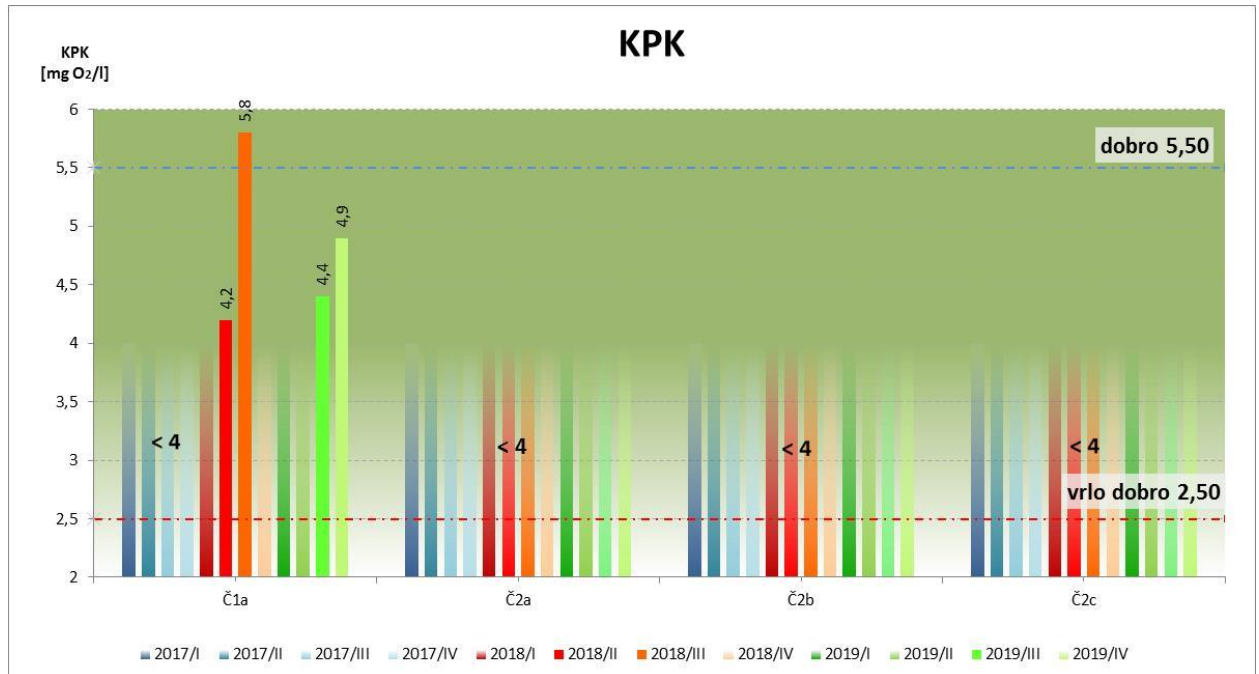
Prikupljeni podaci s odabranih kontrolnih točaka prikazani su grafički (Slika 4.2. do 4.8.) prema koncentracijama i uspoređeni s graničnim vrijednostima kategorija ekološkog stanja za osnovne fizikalno-kemijske pokazatelje (Tablica 4.6.) koji su određeni prema Uredbi o standardu kakvoće voda (NN 96/19).

Tablica 4.6. Granična vrijednost ekološkog stanja za osnovne fizikalno-kemijske pokazatelje – vrijednost 50-tog percentila

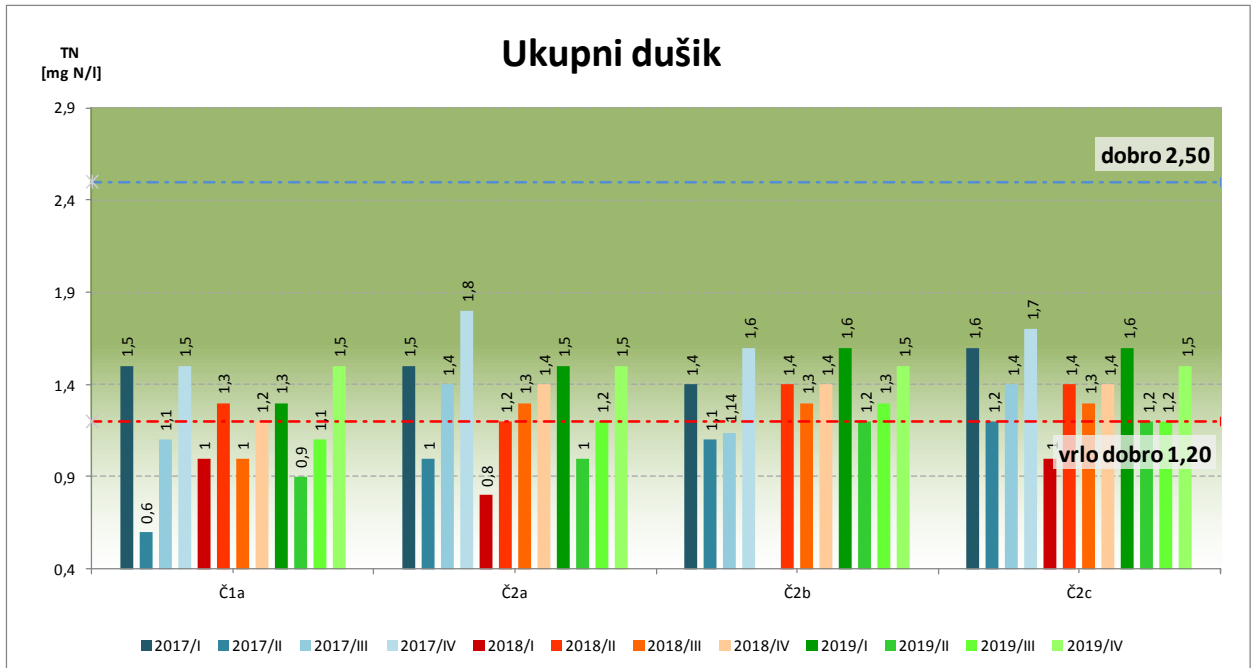
GRANIČNE VRIJEDNOSTI EKOLOŠKOG STANJA (Uredba o standardu kakvoće vode NN 96/19; Prilog 2c; Tablica 6.)					
PANONSKA EKOREG.		BPK <sub>5</sub> [mg O <sub>2</sub> /l]	KPK [mg O <sub>2</sub> /l]	ukupni dušik	ukupni fosfor
HR-R_5b	<i>vrlo dobro</i>	1,50	2,50	1,20	0,05
	<i>dobro</i>	3,50	5,50	2,50	0,20



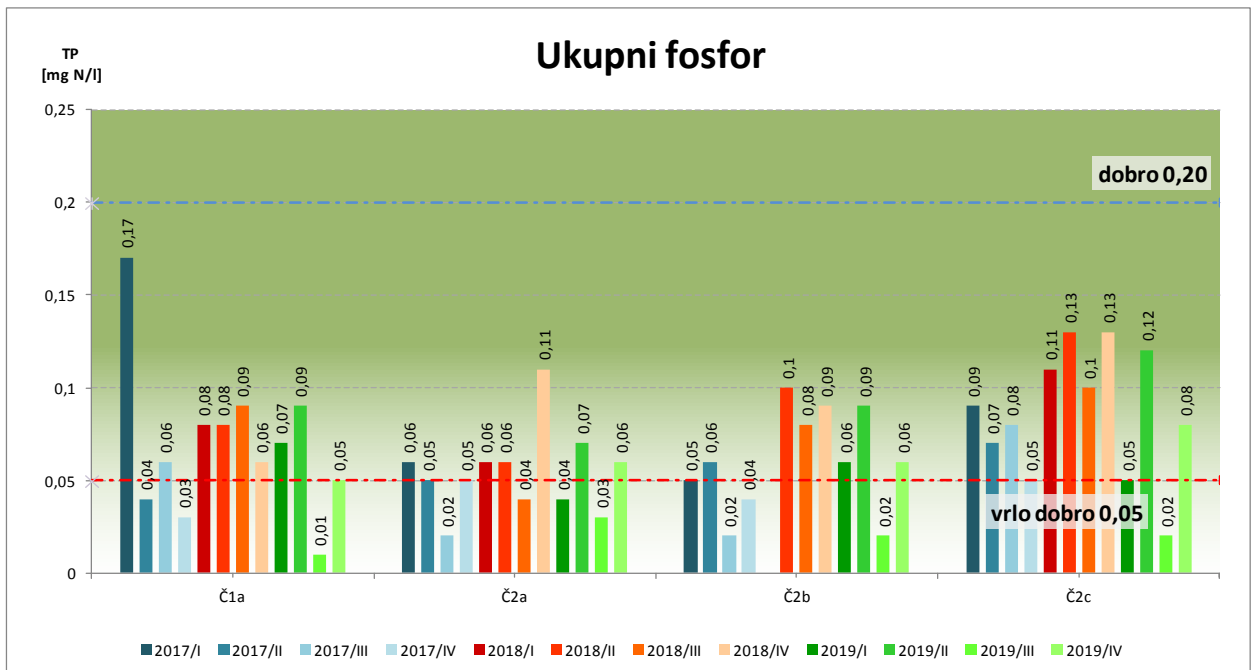
Slika 4.2. Koncentracija BPK<sub>5</sub> u Akumulaciji HEČ u analiziranim kontrolnim točkama kroz period 2017.-2019.



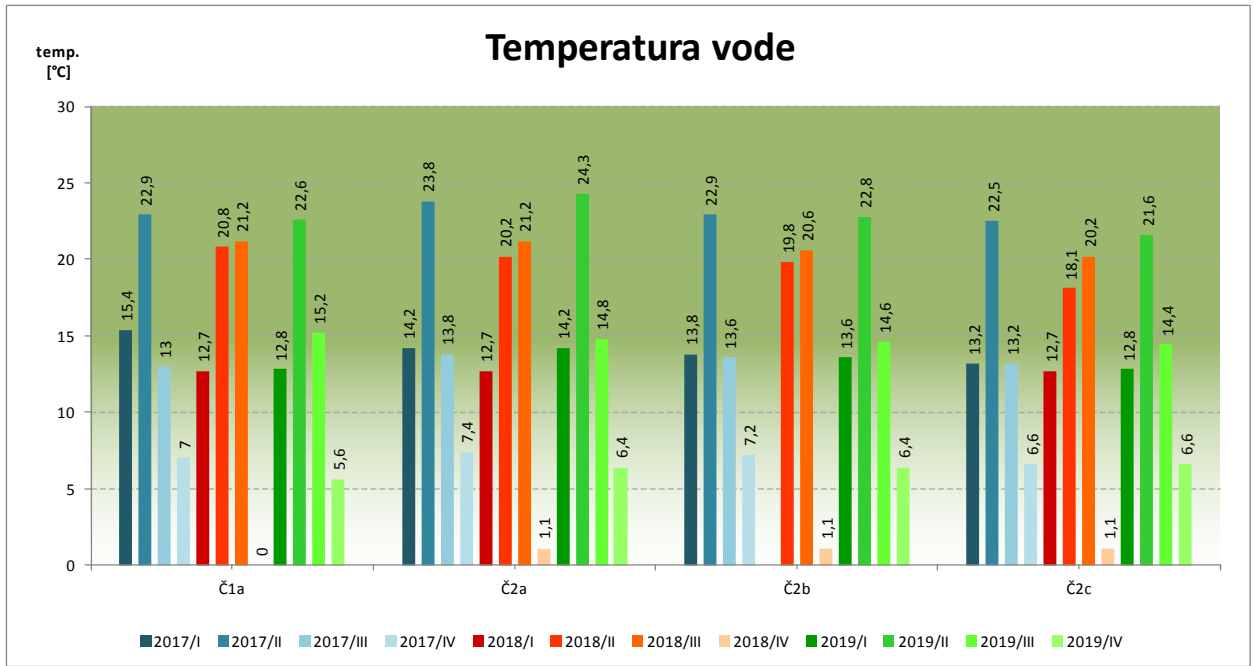
Slika 4.3. Koncentracija KPK u Akumulaciji HEČ u analiziranim kontrolnim točkama kroz period 2017.-2019.



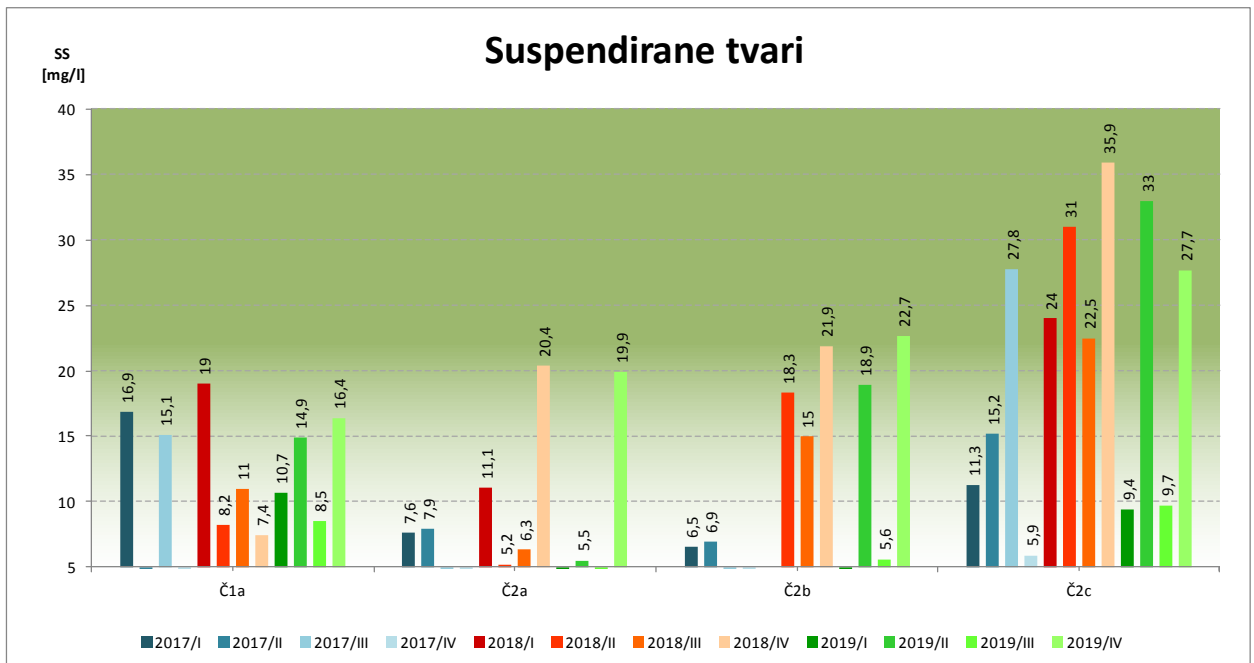
Slika 4.4. Koncentracija TN u Akumulaciji HEČ u analiziranim kontrolnim točkama kroz period 2017.-2019.



Slika 4.5. Koncentracija TP u Akumulaciji HEČ u analiziranim kontrolnim točkama kroz period 2017.-2019.

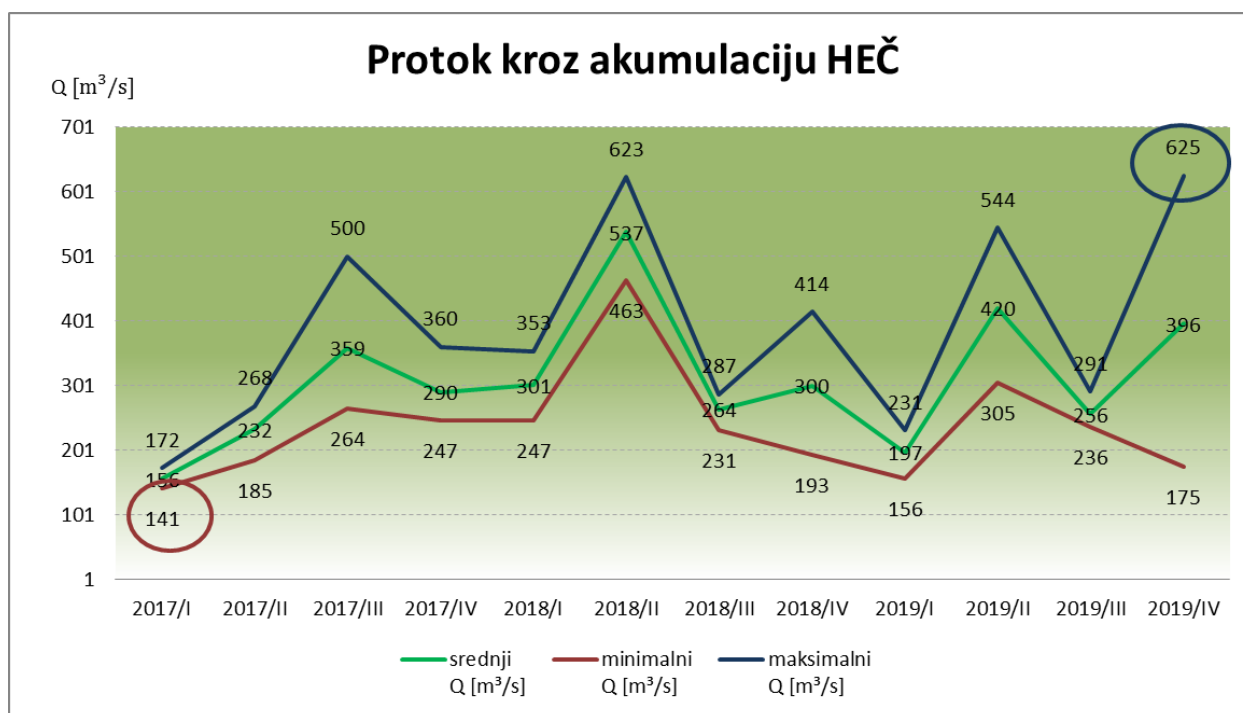


Slika 4.6. Temperature vode u Akumulaciji HEČ u analiziranim kontrolnim točkama kroz period 2017.-2019.



Slika 4.7. Količina SS u Akumulaciji HEČ u analiziranim kontrolnim točkama kroz period 2017.-2019.





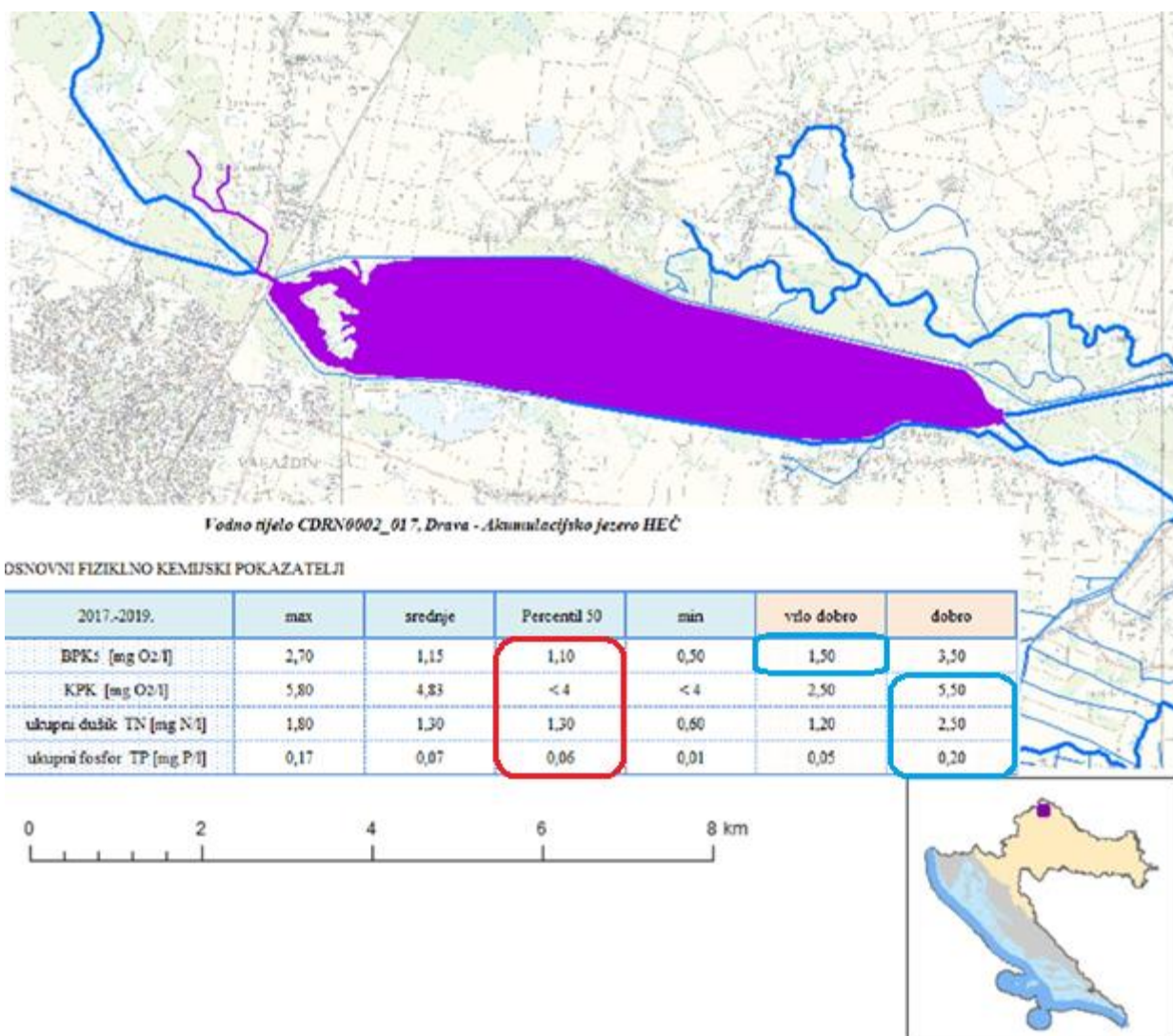
Slika 4.8. Protok kroz akumulacijsko jezero HE Čakovec kroz period 2017.-2019.

Provedenom analizom kvalitete vode u akumulaciji HE Čakovec, na temelju osnovnih fizikalno-kemijskih elemenata kakvoće, proizlazi da akumulacija HE Čakovec ima karakteristike kategorije dobrog ekološkog stanja za osnovne fizikalno-kemijske pokazatelje. Na grafičkom prikazu (Slika 4.2. do 4.5.) vidljivo je da koncentracije TN i TP ulaze u kategoriju dobrog ekološkog stanja, koncentracija BPK<sub>5</sub> vrlo dobrog ekološkog stanja, dok koncentracije KPK ulaze u kategoriju dobrog ekološkog stanja.

Naime, jedan uzorak koncentracije KPK u kontrolnoj točki Č1a ima karakteristike umjerenog ekološkog stanja dok znatan broj uzoraka ima vrijednosti koje su zabilježene kao „manje od 4 mg O<sub>2</sub>/l“. Takve vrijednosti su zbog granice kvantifikacije koja je ograničena ispitnom metodom do 4 mg O<sub>2</sub>/l. Zbog nemogućnosti određivanja kategorije uzoraka (vrlo dobro stanje, dobro stanje), uzima se nepovoljnija varijanta - kategorija dobrog ekološkog stanja. Shodno tome, srednja vrijednost u promatranom periodu dobiva karakteristike dobrog ekološkog stanja vodnog tijela, što je zornije prikazano na Slici 4.9.

Protoci kroz akumulaciju HE Čakovec ovise o hidrološkim značajkama rijeke Drave koja pripada kišno-ledenjačkom vodnom režimu. Odnosno, manji je dotok zimi, a veći ljeti uslijed topljenja snijega u Alpama što je vidljivo na grafičkom prikazu (Slika 4.8.). Iznimno, maksimalni protok  $Q_{max} = 625 \text{ m}^3/\text{s}$ , u promatranom razdoblju, zabilježen je 24.12.2019. zbog tople zime i

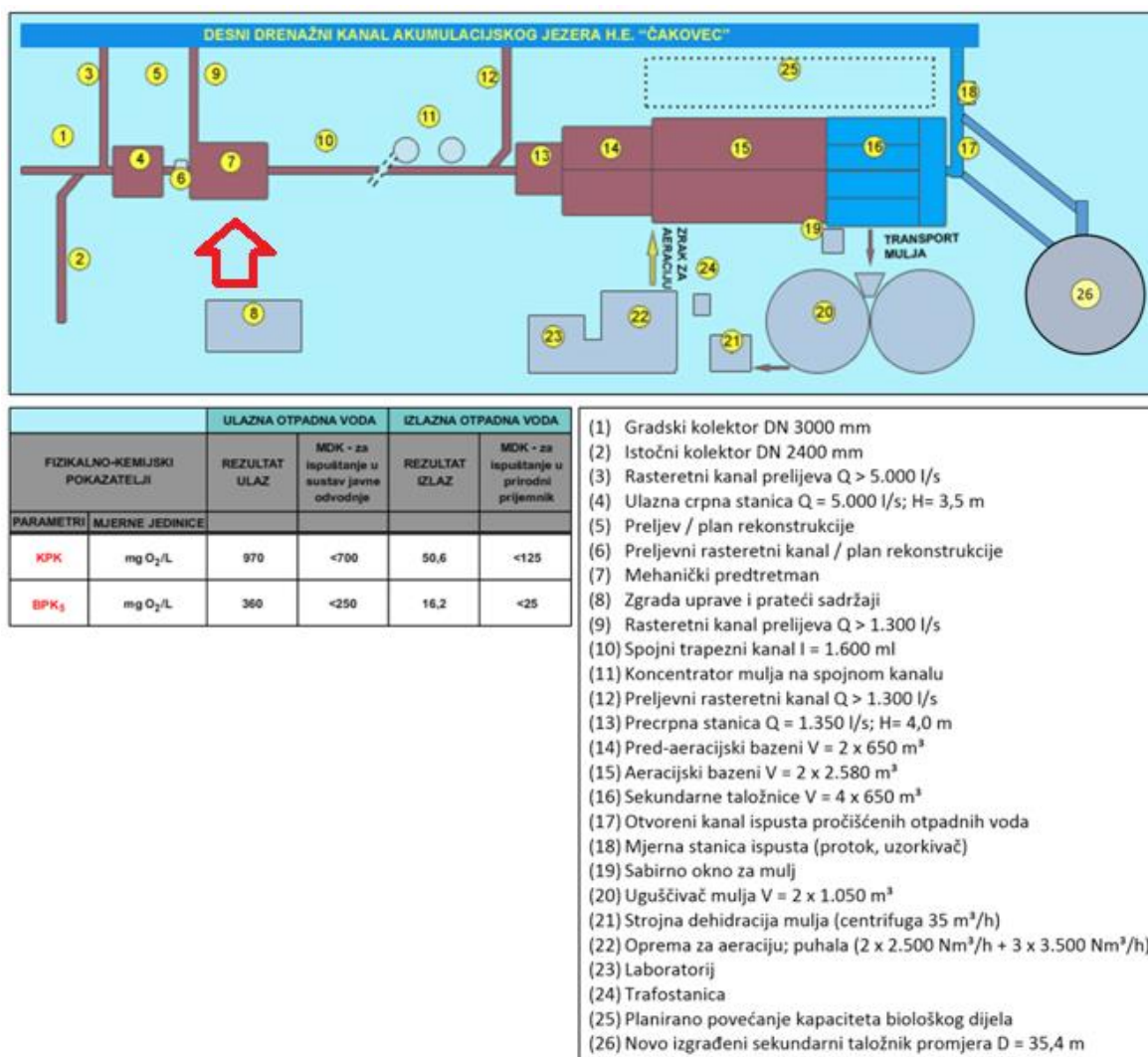
jačih oborina. Srednji protok kroz akumulaciju u promatranom razdoblju iznosi  $Q_{sre} = 309 \text{ m}^3/\text{s}$ , a minimalni  $Q_{min} = 141 \text{ m}^3/\text{s}$ .



Slika 4.9. Akumulacijsko jezero HE Čakovec – dobro ekološko stanje vodnog tijela za osnovne fizikalno-kemijske pokazatelje

## 4.2. Kvalitete otpadne vode, ulazni podaci UPOV-a

Uzorkovanje kvalitete otpadne vode, odnosno influenta, tvrtka Varkom d.d. ispituje na 24 satnim kompozitnim uzorcima koji se ispituju i određuju na temelju *Pravilnika o graničnim vrijednostima emisija otpadnih voda (NN 26/20, prilog I.)* te prema *Vodopravnoj dozvoli (Klasa: UP/I-325-04/13-05/0158, Ur.br. 374-26-3-13-3.)* [12]. Uzorci se uzimaju ispred mehaničkog predtretmana (Slika 4.10. i 4.11.), a dobivene vrijednosti prikazane su u *Tablicama 4.7. do 4.10.*



Slika 4.10. Shematski prikaz postojećeg UPOV Varaždin



Slika 4.11. UPOV Varaždin – mjesta uzorkovanja kvalitete voda influenta (voda u aeracijskom bazenu)

Tablica 4.7. UPOV – koncentracije parametara influenta u 2013. godini

**UPOV Varaždin - dotok 2013.**

	BPK <sub>5</sub> [mg O <sub>2</sub> /l]	KPK [mg O <sub>2</sub> /l]	ukupni dušik TN [mg N/l]	ukupni fosfor TP [mg P/l]	suspendirane tvari SS [mg/l]
01 / 2013	276	417	2,8	5,3	139
02 / 2013	177	383	7,18	8,7	130
03 / 2013	151	340	14,4	5,7	154
04 / 2013	196	324	16,6	6,4	159
05 / 2013	265	426	20,39	6,1	263
06 / 2013	288	458	22,6	7,5	220
07 / 2013	238	434	20,88	7,23	223
08 / 2013	308	464	21,7	5,42	328
09 / 2013	271	425	22,4	3,4	214
10 / 2013	133	446	20,5	3,6	290
11 / 2013	276	382	17,99	3,91	309
12 / 2013	238	393	20,2	2,5	197
<i>srednja vrijednost</i>	234,75	407,67	17,30	5,48	218,83
<i>minimalna vrijednost</i>	133,00	324,00	2,80	2,50	130,00
<i>maksimalna vrijednost</i>	308,00	464,00	22,60	8,70	328,00

Tablica 4.8. UPOV – koncentracije parametara influenta u 2017. godini

**UPOV Varaždin - dotok 2017.**

	BPK <sub>5</sub> [mg O <sub>2</sub> /l]	KPK [mg O <sub>2</sub> /l]	ukupni dušik TN [mg N/l]	ukupni fosfor TP [mg P/l]	temp. vode [°C]	suspendirane tvari SS [mg/l]
01 / 2017	251	531	20,07	3,44	10,05	132
02 / 2017	308	659	22,76	4,08	9,83	242
03 / 2017	248	578	20,26	3,59	11,38	201
04 / 2017	334	662	17,58	3,95	12,42	199
05 / 2017	345	785	20,6	3,53	13,76	240
06 / 2017	365	960	23,78	4,13	16,29	326
07 / 2017	205	608	19,16	3,69	*	241
08 / 2017	223	554	20,26	3,47	*	203
09 / 2017	208	440	17,83	2,09	*	142
10 / 2017	244	619	18,26	3,74	19,65	211
11 / 2017	178	445	18,49	2,7	11,61	179
12 / 2017	166	356	19,44	2,5	10,17	133
<i>srednja vrijednost</i>	256,25	599,75	19,87	3,41	12,80	204,08
<i>minimalna vrijednost</i>	166,00	356,00	17,58	2,09	9,83	132,00
<i>maksimalna vrijednost</i>	365,00	960,00	23,78	4,13	19,65	326,00

\* bez mjerenja temperature - sonda u kvaru

Tablica 4.9. UPOV – koncentracije parametara influenta u 2018. godini

**UPOV Varaždin - dotok 2018.**

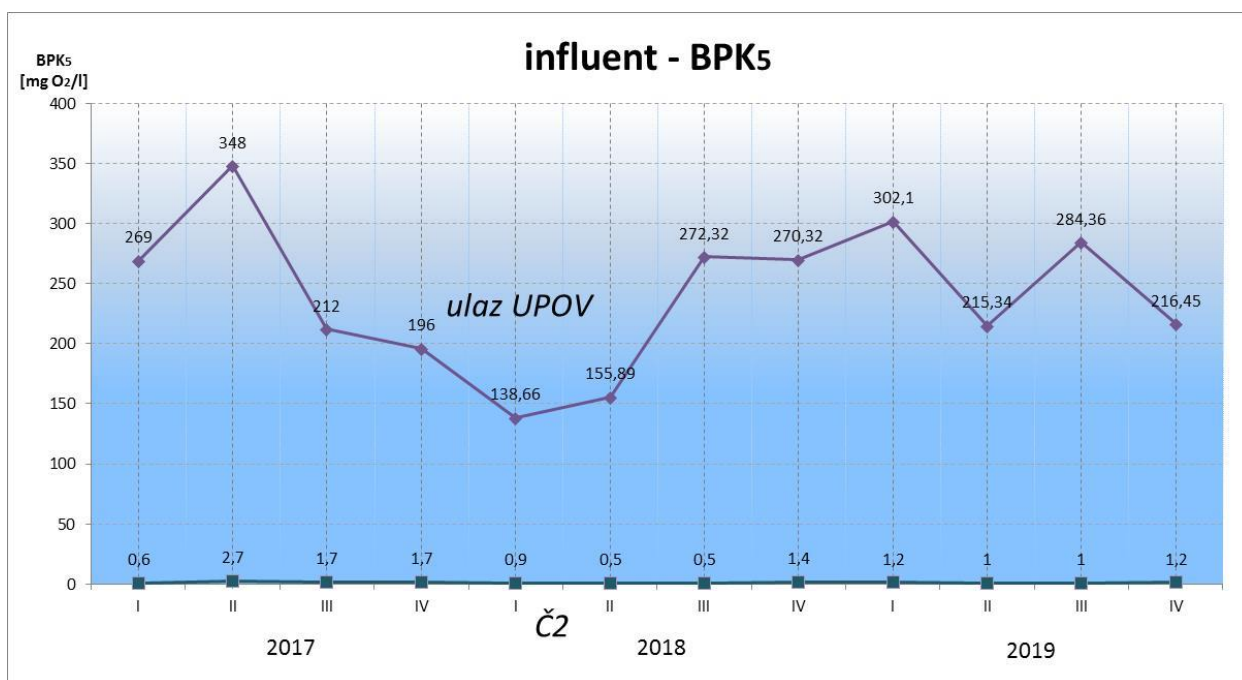
	BPK <sub>5</sub> [mg O <sub>2</sub> /l]	KPK [mg O <sub>2</sub> /l]	ukupni dušik TN [mg N/l]	ukupni fosfor TP [mg P/l]	temp. vode [°C]	suspendirane tvari SS [mg/l]
01 / 2018	162	347	17,82	2,80	10,15	118
02 / 2018	133	358	16,50	2,35	8,29	122
03 / 2018	121	317	12,91	1,71	8,43	121
04 / 2018	129	356	14,67	1,90	11,25	108
05 / 2018	166	488	18,67	2,79	14,06	189
06 / 2018	173	454	19,73	3,19	15,70	136
07 / 2018	243	582	22,21	3,71	17,96	201
08 / 2018	243	667	24,06	4,28	20,03	301
09 / 2018	331	700	23,33	3,80	18,15	265
10 / 2018	285	681	25,48	3,91	16,24	283
11 / 2018	245	636	25,57	3,68	13,71	185
12 / 2018	282	729	25,48	4,64	12,70	200
<i>srednja vrijednost</i>	209,36	526,29	20,53	3,23	13,89	185,73
<i>minimalna vrijednost</i>	120,94	317,45	12,91	1,71	8,29	108,17
<i>maksimalna vrijednost</i>	331,37	728,58	25,57	4,64	20,03	301,16

Tablica 4.10. UPOV – koncentracije parametara influenta u 2019. godini

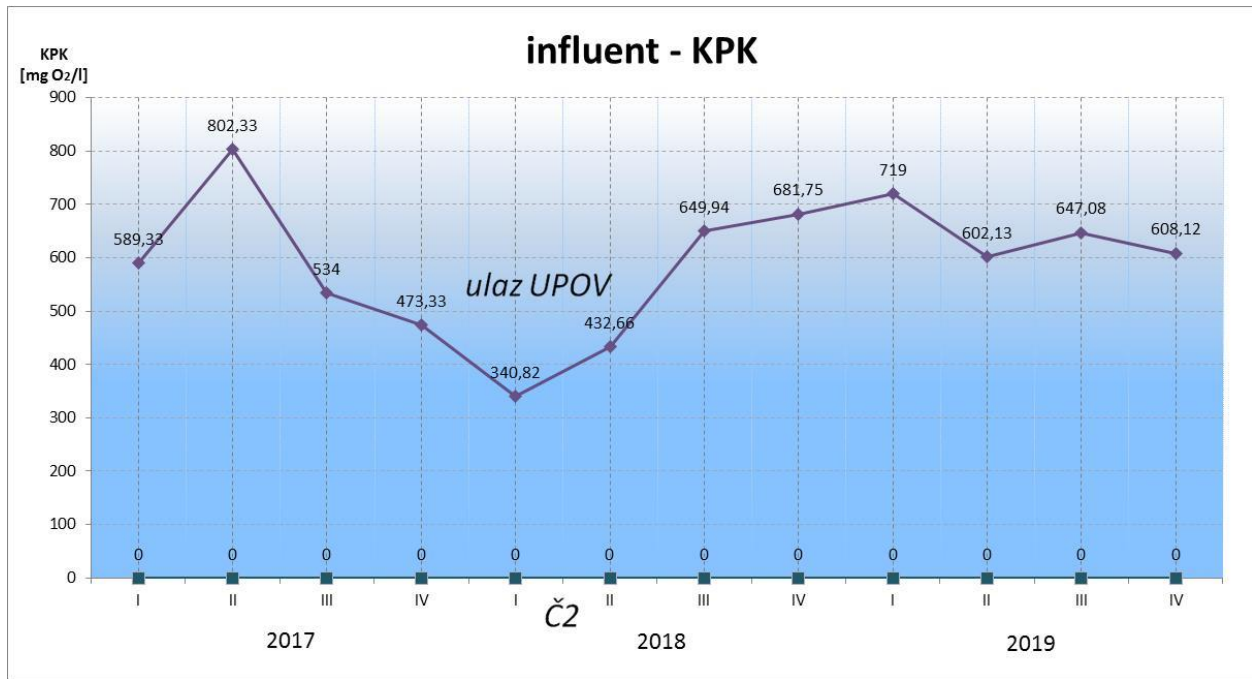
**UPOV Varaždin - dotok 2019.**

	BPK <sub>5</sub> [mg O <sub>2</sub> /l]	KPK [mg O <sub>2</sub> /l]	ukupni dušik TN [mg N/l]	ukupni fosfor TP [mg P/l]	temp. vode [°C]	suspendirane tvari SS [mg/l]
01 / 2019	352	770	25,97	3,86	10,98	344
02 / 2019	308	710	21,64	3,57	10,90	350
03 / 2019	247	677	20,36	3,42	11,83	221
04 / 2019	241	653	20,87	3,05	13,06	197
05 / 2019	203	597	17,46	3,76	13,21	193
06 / 2019	203	557	16,58	2,98	15,87	185
07 / 2019	272	625	18,41	2,72	16,59	298
08 / 2019	307	663	20,82	3,43	16,73	253
09 / 2019	274	654	19,17	3,18	16,44	206
10 / 2019	278	720	21,22	3,74	15,36	284
11 / 2019	183	597	17,19	2,75	13,19	357
12 / 2019	188	508	17,55	3,22	11,62	263
srednja vrijednost	254,56	644,08	19,77	3,31	13,82	262,50
minimalna vrijednost	183,27	508,03	16,58	2,72	10,90	185,23
maksimalna vrijednost	351,77	770,19	25,97	3,86	16,73	356,90

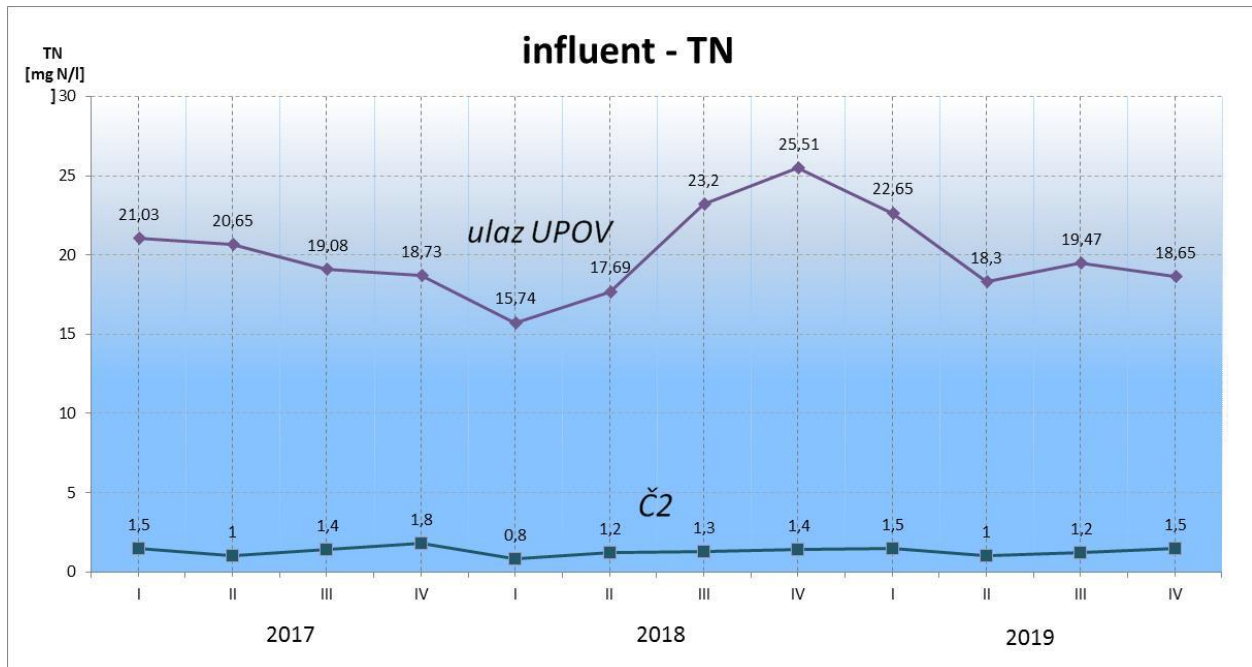
Prikupljeni podaci ispitanog influenta prikazani su grafički (Slika 4.12. do 4.17.) prema koncentracijama i uspoređeni s koncentracijama kontrolne točke Č2 akumulacije.



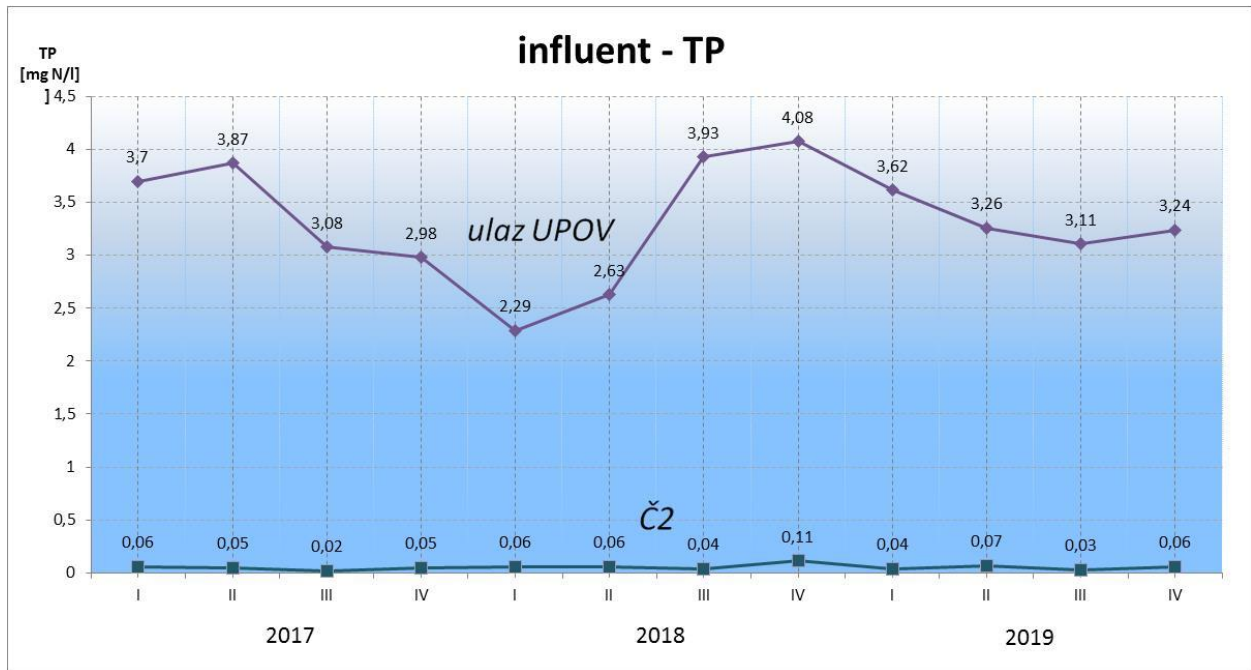
Slika 4.12. Količina BPK<sub>5</sub> u influentu na ulazu u UPOV Varaždin kroz period 2017.-2019.



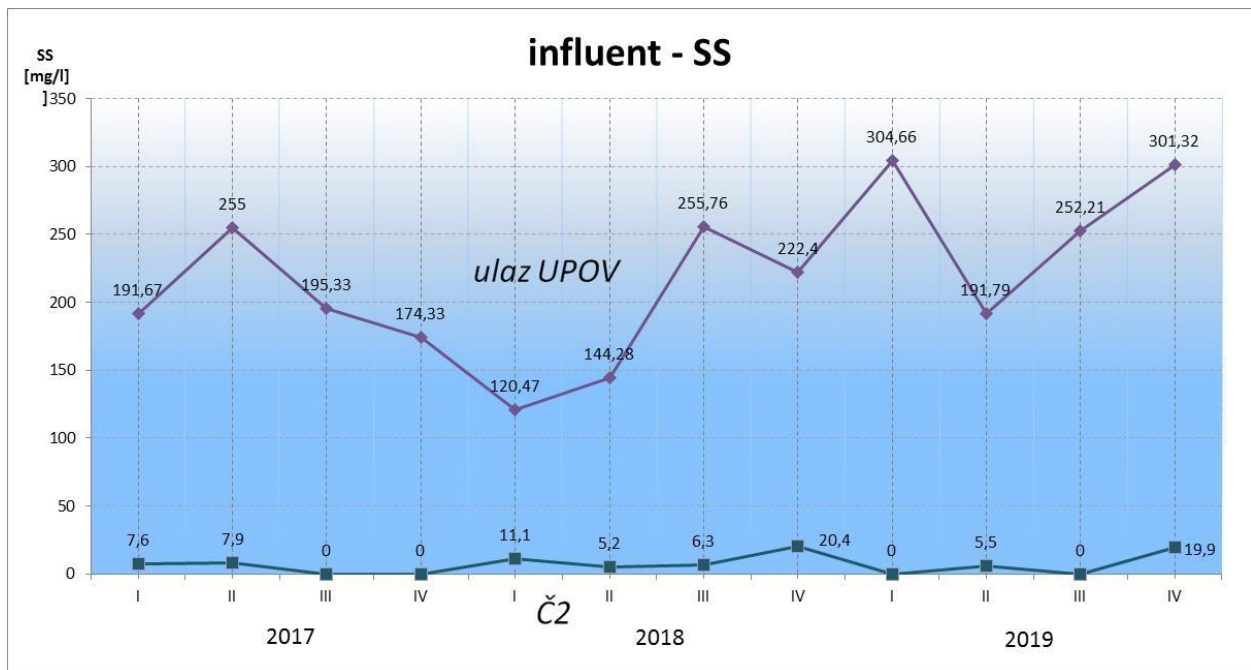
Slika 4.13. Količina KPK u influentu na ulazu u UPOV Varaždin kroz period 2017.-2019.



Slika 4.14. Količina ukupnog dušika u influentu na ulazu u UPOV Varaždin kroz period 2017.-2019.

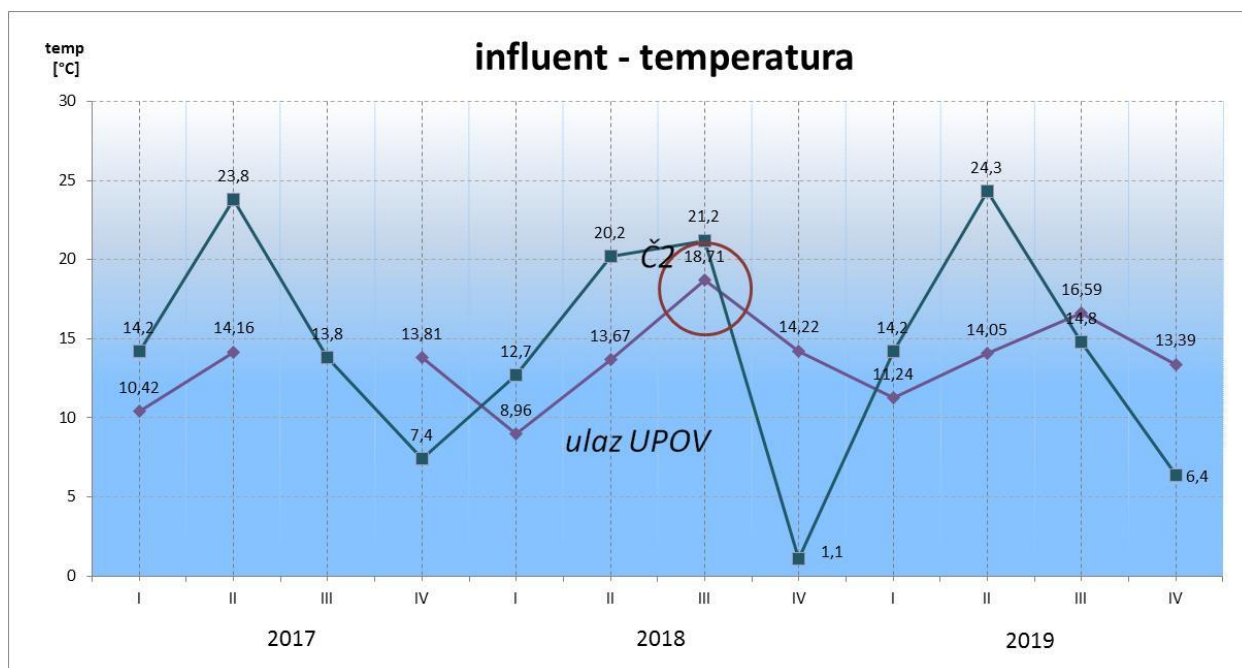


Slika 4.15. Količina ukupnog fosfora u influentu na ulazu u UPOV Varaždin kroz period 2017.-2019.



Slika 4.16. Količina ukupne suspendirane tvari u influentu na ulazu u UPOV Varaždin kroz period 2017.-2019.





Slika 4.17. Temperatura influenta na ulazu u UPOV Varaždin kroz period 2017.-2019.

Provedenom analizom kvalitete otpadne vode UPOV-a, influenta, vidljivo je da su koncentracije daleko iznad graničnih vrijednosti emisija onečišćujućih tvari u otpadnim vodama (Tablica 4.11.) koje su određene prema *Pravilniku o graničnim vrijednostima emisija otpadnih voda (NN 26/20, prilog I.)*. Razlog tome je što je analizirana otpadna voda, čiji su uzorci uzeti ispred mehaničkog predtretmana, netretirana, odnosno nepročišćena otpadna voda. Kako je spomenuto, ispitani su 24 satni kompozitni uzorci koji nisu razrijeđeni većim količinama oborinske vode i koji nisu trenutni, uzeti za vrijeme većih oborina (kišnog rasterećenja u prijamnik).

Tablica 4.11. Granične vrijednosti emisija onečišćujućih tvari u otpadnim vodama

GRANIČNE VRIJEDNOSTI EMISIJA ONEČIŠĆUJUĆIH TVARI U OTPADNIM VODAMA (Pravilnik o graničnim vrijednostima emisija otpadnih voda NN 26/20, prilog I.)					
BPK <sub>5</sub> [mg O <sub>2</sub> /l]	KPK [mg O <sub>2</sub> /l]	TN [mg N/l]	TP [mg P/l]	temp. vode [°C]	SS [mg/l]
25,00	125,00	15,00	1,00	30,00	35,00

## 5. ANALIZA UTJECAJA PRELJEVNIH KOLIČINA NA KVALITETU VODE U AKUMULACIJI HE ČAKOVEC

### 5.1. Analiza pri kojoj se akumulacija promatra kao vodno tijelo tekućice

Na osnovi svih prethodno prikazanih parametara i ulaznih podloga pristupilo se analizi utjecaja preljevnih količina kišnog rasterećenja ispred UPOV-a na kvalitetu vode akumulacije HE Čakovec i definiranju eventualnih mjera zaštite vodnog tijela akumulacije.

Izračun koncentracije fizikalno-kemijskih parametara u akumulaciji nakon miješanja preljevnih količina izrađen je unutar sljedećih pretpostavki:

1. trenutno miješanje ukupnih količina - u proračun su uzete vrijednosti koncentracija fizikalno-kemijskih parametara u preljevnim količinama bez razrjeđenja, odnosno koncentracije u influentu na UPOV koji je ispitan na 24 satnim kompozitnim uzorcima (nema trenutnog uzorkovanja na kišnom rasterećenju za vrijeme rasterećenja u prijamnik).
2. zanemaren je „stalni“ volumen vode akumulacije – u proračun je uzet samo protok kroz akumulaciju.

Tablica 5.1. Raspon vrijednosti analiziranih parametara u akumulaciji HEČ

ANALIZA PARAMETARA AKUMULACIJA HEČ-a 2017-2019						
	BPK <sub>5</sub> [mg O <sub>2</sub> /l]	KPK [mg O <sub>2</sub> /l]	ukupni dušik TN [mg N/l]	ukupni fosfor TP [mg P/l]	temp. vode [°C]	suspendirane tvari SS [mg/l]
<i>srednja vrijednost</i>	1,15	4,83	1,30	0,07	14,10	15,29
<i>minimalna vrijednost</i>	0,50	4,20	0,60	0,01	0,00	5,20
<i>maksimalna vrijednost</i>	2,70	5,80	1,80	0,17	24,30	35,90

Tablica 5.2. Raspon vrijednosti analiziranih parametara u influentu na UPOV

ANALIZA PARAMETARA UPOV-a 2017-2019						
	BPK <sub>5</sub> [mg O <sub>2</sub> /l]	KPK [mg O <sub>2</sub> /l]	ukupni dušik TN [mg N/l]	ukupni fosfor TP [mg P/l]	temp. vode [°C]	suspendirane tvari SS [mg/l]
<i>srednja vrijednost</i>	240,06	590,04	20,06	3,32	13,56	217,44
<i>minimalna vrijednost</i>	120,94	317,45	12,91	1,71	8,29	108,17
<i>maksimalna vrijednost</i>	365,00	960,00	25,97	4,64	20,03	356,90

Tablica 5.3. Tehnički podaci o crpnoj stanici za preljevne količine ispred UPOV-a

Korisni volumen crpne stanice preljevnih voda - V <sub>uk</sub> :	470 m <sup>3</sup>
Broj vertikalnih potopnih crpki:	5 kom
Kapacitet pojedine vertikalne potopne crpke:	2.440 l/s
Ukupan kapacitet crpne stanice:	12,2 m <sup>3</sup> /s
Maksimalni dotok u crpnu stanicu preljevnih voda:	11,2 m <sup>3</sup> /s

Tablica 5.4. Rad crpki crpne stanice preljevnih količina

Br. crpke	Rad crpki				
	1	2	3	4	5
1.	Q <sub>1</sub> = 2,24 m <sup>3</sup> /s				
2.	Q <sub>2</sub> = 4,48 m <sup>3</sup> /s				
3.	Q <sub>3</sub> = 6,72 m <sup>3</sup> /s				
4.	Q <sub>4</sub> = 8,96 m <sup>3</sup> /s				
5.	Q <sub>5</sub> = 11,2 m <sup>3</sup> /s				

Raspon protoka kroz akumulaciju HE Čakovec kroz vremensko razdoblje od 2017. do 2019. godine na temelju prikupljenih podloga i provedenih analiza:

$$Q_{\min,ak} = 141 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$Q_{\max,ak} = 625 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$Q_{sr,ak} = 309 \text{ m}^3/\text{s}$$

Izračun koncentracija onečišćujućih tvari iz preljevnih količina u akumulaciju računa se pomoću sljedećeg izraza:

$$C_m = \frac{C_v \cdot Q_v + C_p \cdot Q_p}{Q_m} \quad [\text{mg/l}]$$

gdje je:

C<sub>m</sub> – ukupna koncentracija mješavine preljevnih količina i vode prijarnika [mg/l]

C<sub>v</sub> – koncentracija pojedinog parametra u preljevnim količinama [mg/l]

$C_p$  – koncentracija pojedinog parametra u prijamniku [mg/l]

$Q_m$  – ukupni protok ( $Q_v+Q_p$ ) [ $m^3/s$ ]

$Q_v$  – protok preljevnih količina [ $m^3/s$ ]

$Q_p$  – protok kroz akumulaciju [ $m^3/s$ ]

### 5.1.1. Proračun koncentracija onečišćujućih tvari u akumulaciji nakon upuštanja preljevnih količina

Analizirana su po četiri slučaja, kad su uzete u obzir (a) maksimalne koncentracije fizikalno-kemijskih parametara u preljevnim količinama i akumulaciji (*Tablica 5.5.*) te (b) minimalne koncentracije fizikalno-kemijskih parametara u preljevnim količinama i akumulaciji (*Tablica 5.7.*). Na taj način dobiven je raspon između kojeg se mogu očekivati koncentracije fizikalno-kemijskih parametara u akumulaciji nakon miješanja s preljevnim količina u najnepovoljnijem i najpovoljnijem mogućem slučaju.

a) maksimalne koncentracije fizikalno-kemijskih parametara u preljevnim količinama i akumulaciji

1. slučaj – najnepovoljniji slučaj, pojavljuje se jako rijetko, kod ekstremnih oborina.

Slučaj je praktički moguć samo teoretski, jer s ekstremnim oborinama simultano raste i dotok u akumulaciju pa je nerealno za očekivati da je u tom trenutku protok kroz akumulaciju minimalan. Ovaj slučaj daje najveću vrijednost koncentracija mješavine preljevni količina i prijamnika.

$$Q_5 + Q_{\min,ak}$$

2. slučaj – nešto realniji slučaj, ali i dalje moguć vrlo rijetko, odnosno u slučajevima iznimno jakih, a kratkotrajnih oborina (pretpostavka je da bi se u takvom slučaju sustav odvodnje brže punio oborinskim dotokom nego što bi oborinski dotok stizao sa slivnog područja do akumulacije). Izračun je rađen na temelju projektiranih zahtjeva (modela) i uz pretpostavku minimalnog protoka u akumulaciji, odnosno pretpostavljen je rad 4 crpke u crpnoj stanici za preljevne količine (situacija pri pojavi mjerodavne oborine PP 5 godina). Također, ni u ovom slučaju nije realno za očekivati minimalni protok kroz akumulaciju, ali se on ipak smatra realnijim od prethodno analiziranog slučaja, a dobiveni rezultati svakako će biti na strani sigurnosti.

$$Q_4 + Q_{\min,ak}$$

3. slučaj – realan slučaj temeljen na kalibriranom hidrauličkom matematičkom modelu. Izračun je rađen na temelju projektiranih zahtjeva (modela) i uz pretpostavku maksimalnog protoka u akumulaciji. To je najrealniji slučaj, jer s jačim oborinama simultano raste i dotok u akumulaciji. Ovdje je također pretpostavljen rad 4 crpke u crpnoj stanici za preljevne količine (situacija pri pojavi mjerodavne oborine PP 5 godina).

$$Q_4 + Q_{\max,ak}$$

4. slučaj – realan slučaj, pojavljuje se rijetko, kod kraće umjerene oborine.

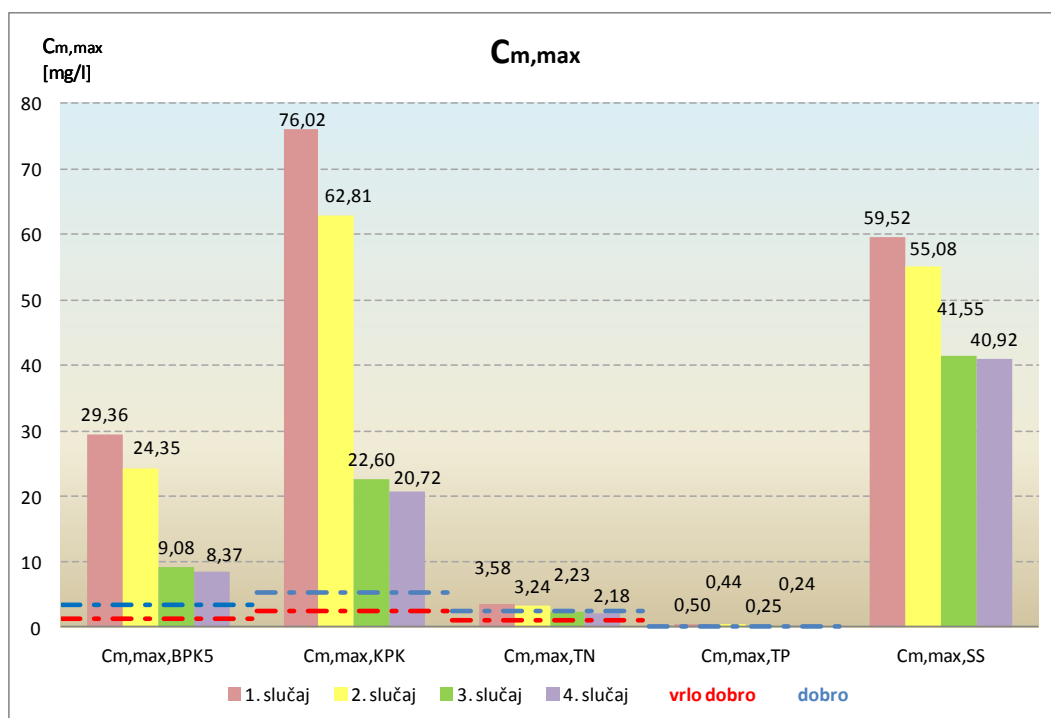
Izračun je rađen s protokom uključanja jedne crpke i minimalnog protoka u akumulaciji. Slučaj je realan i moguć kod kratkotrajnih oborina i u zimskom periodu kad su minimalni protoci kroz akumulaciju.

$$Q_1 + Q_{\min,ak}$$

Analiza je izrađena na osnovi prethodno prikazanih ulaznih parametara koji će dati rezultate u rasponu koji će prikazati najnepovoljniji i najpovoljniji mogući scenarij. Konačni rezultat je koncentracija pojedinog analiziranog parametra u izmiješanim preljevnim količinama i protoku kroz akumulaciju koje će se dalje koristiti kao indikator eventualnih promjena ekološkog stanja predmetnog vodnog tijela.

Tablica 5.5. Izračun koncentracija nakon miješanja preljevnih voda i protoka kroz akumulaciju – maksimalne vrijednosti koncentracija

	BPK5 [mg O <sub>2</sub> /l]	KPK [mg O <sub>2</sub> /l]	ukupni dušik TN [mg N/l]	ukupni fosfor TP [mg P/l]	temp. vode [°C]	suspendirane tvari SS [mg/l]
Maksimalne vrijednosti u preljevnim količinama - C <sub>v,max</sub>						
	365	960	25,97	4,64	20,03	356,90
Maksimalne vrijednosti u akumulaciji - C <sub>p,max</sub>						
	2,70	5,80	1,80	0,17	24,30	35,90
Vrijednosti u akumulaciji nakon miješanja - C <sub>m,max</sub>						
1. slučaj	29,36	76,02	3,58	0,50	23,99	59,52
2. slučaj	24,35	62,81	3,24	0,44	24,04	55,08
3. slučaj	9,08	22,60	2,23	0,25	24,22	41,55
4. slučaj	8,37	20,72	2,18	0,24	24,23	40,92



Slika 5.1. Grafički prikaz koncentracija nakon miješanja preljevnih voda u akumulaciju – maksimalne vrijednosti koncentracija

Izračunom koncentracija fizikalno-kemijskih parametara nakon miješanja preljevnih voda i protoka kroz akumulaciju, uzimajući u obzir maksimalne vrijednosti koncentracija u preljevnim vodama i maksimalne vrijednosti koncentracija u akumulaciji, a pritom zanemarujući stalni volumen akumulacije, vidljivo je da se ekološko stanje, za osnovne fizikalno-kemijske pokazatelje, vodnog tijela ipak pogoršava. Ukupna koncentracija TN u 3. i 4. slučaju jedina zadovoljava GVK dobrog ekološkog stanja vodnog tijela (2,50 mg N/l) (Slika 5.1.).

Temperatura preljevnih voda nema značajnijeg utjecaja na temperaturu akumulacije, shodno tome temperatura vodnog tijela nakon njihovog miješanja bitno se ne mijenja. Raspon dobivenih vrijednosti kreće se od 23,99°C u prvom slučaju pa do 24,23°C u četvrtom slučaju.

Dobiveni rezultati ukazuju na činjenicu da bi se uz prethodno usvojene pretpostavke narušilo postojeće stanje vodnog tijela akumulacije HE Čakovec – UMJERENO STANJE, što se smatra neprihvatljivim te u tom slučaju ovakvo kišno rasterećenje ne bi bilo prihvatljivo bez dodatnih mjera (Tablica 5.6.).

Tablica 5.6. Ocjena stanja vodnog tijela prema izračunu – maksimalne vrijednosti koncentracija

slučaj C <sub>m,max</sub>	BPK5 [mg O <sub>2</sub> /l]	KPK [mg O <sub>2</sub> /l]	TN [mg N/l]	TP [mg P/l]	UKUPNA OCJENA STANJA
1	29,36	76,02	3,58	0,50	UMJERENO
2	24,35	62,81	3,24	0,44	UMJERENO
3	9,08	22,60	2,23	0,25	UMJERENO
4	8,37	20,72	2,18	0,24	UMJERENO

	vrlo dobro stanje
	dobro stanje
	umjereno stanje

b) minimalne koncentracije u preljevnim količinama i akumulaciji

- slučaj – najnepovoljniji slučaj, pojavljuje se jako rijetko, kod ekstremnih oborina. Slučaj je praktički moguć samo teoretski, jer s ekstremnim oborinama simultano raste i dotok u akumulaciju pa je nerealno za očekivati da je u tom trenutku protok kroz akumulaciju minimalan. Ovaj slučaj daje najveću vrijednost koncentracija mješavine preljevnih količina i prijamnika.

$$Q_5 + Q_{\min,ak}$$

- slučaj – nešto realniji slučaj, ali i dalje moguć vrlo rijetko, odnosno u slučajevima iznimno jakih, a kratkotrajnih oborina (pretpostavka je da bi se u takvom slučaju sustav odvodnje brže punio oborinskim dotok nego što bi oborinski dotok stizao sa slivnog područja do akumulacije). Izračun je rađen na temelju projektiranih zahtjeva (modela) i uz pretpostavku minimalnog protoka u akumulaciji, odnosno pretpostavljen je rad 4 crpke u crpnoj stanici za preljevne količine (situacija pri pojavi mjerodavne oborine PP 5 godina). Također ni u ovom slučaju nije realno za očekivati minimalni protok kroz akumulaciju, ali se on ipak smatra realnijim od prethodno analiziranog slučaja, a dobiveni rezultati svakako će biti na strani sigurnosti.

$$Q_4 + Q_{\min,ak}$$

- slučaj – realan slučaj temeljen na kalibriranom hidrauličkom matematičkom modelu. Izračun je rađen na temelju projektiranih zahtjeva (modela) i uz pretpostavku maksimalnog protoka u akumulaciji. To je najrealniji slučaj, jer s jačim oborinama simultano raste i dotok u akumulaciju. Ovdje je također pretpostavljen rad 4 crpke u crpnoj stanici za preljevne količine (situacija pri pojavi mjerodavne oborine PP 5 godina).

$$Q_4 + Q_{\max,ak}$$

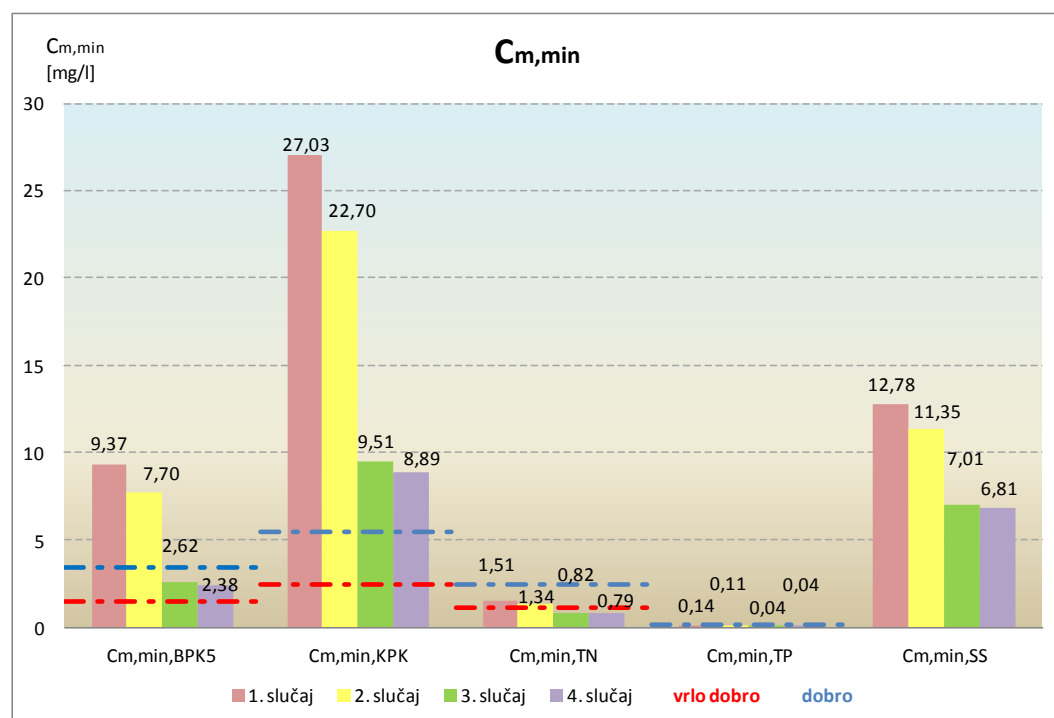
4. slučaj – realan slučaj, pojavljuje se rijetko, kod kraće umjerene oborine.

Izračun je rađen s protokom uključenja jedne crpke i minimalnog protoka u akumulaciji. Slučaj je realan i moguć kod kratkotrajnih oborina i u zimskom periodu kad su minimalni protoci kroz akumulaciju.

$$Q_1 + Q_{\min,ak}$$

Tablica 5.7. Izračun koncentracija nakon miješanja preljevnih voda i protoka kroz akumulaciju – minimalne vrijednosti koncentracija

	BPK5 [mg O <sub>2</sub> /l]	KPK [mg O <sub>2</sub> /l]	ukupni dušik TN [mg N/l]	ukupni fosfor TP [mg P/l]	temp. vode [°C]	suspendirane tvari SS [mg/l]
Minimalne vrijednosti u preljevnim količinama - C <sub>v,min</sub>						
	121	317	12,91	1,71	8,29	108,17
Minimalne vrijednosti u akumulaciji - C <sub>p,min</sub>						
	0,50	4,00	0,60	0,01	0,00	5,20
Vrijednosti u akumulaciji nakon miješanja - C <sub>m,min</sub>						
1. slučaj	9,37	27,03	1,51	0,14	0,61	12,78
2. slučaj	7,70	22,70	1,34	0,11	0,50	11,35
3. slučaj	2,62	9,51	0,82	0,04	0,15	7,01
4. slučaj	2,38	8,89	0,79	0,04	0,03	6,81



Slika 5.2. Grafčki prikaz koncentracija nakon miješanja preljevnih voda u akumulaciju – minimalne vrijednosti koncentracija



Izračunom koncentracija fizikalno-kemijskih parametara nakon miješanja preljevnih voda i protoka kroz akumulaciju, uzimajući u obzir minimalne vrijednosti koncentracija u preljevnim vodama i minimalne vrijednosti koncentracija u akumulaciji, a pritom zanemarujući stalni volumen akumulacije, vidljivo je da koncentracija BPK<sub>5</sub> u 3. i 4. slučaju zadovoljava GVK dobrog ekološkog stanja vodnog tijela za osnovne fizikalno-kemijske pokazatelje (3,50 mg O<sub>2</sub>/l). Koncentracija TN, TP zadovoljava u sva četiri slučaja gdje u 3. i 4. zadovoljava GVK vrlo dobrog ekološkog stanja vodnog tijela (1,20 mg N/l; 0,05 mg P/l). Koncentracija KPK ne zadovoljava GVK dobrog ekološkog stanja vodnog tijela ni u jednom slučaju, bez obzira da li su uzete minimalne ili maksimalne koncentracije parametara u preljevnim količinama i akumulaciji (*Slika 5.2.*).

Temperatura preljevnih voda nema značajnijeg utjecaja na temperaturu akumulacije, shodno tome temperatura vodnog tijela nakon njihovog miješanja bitno se ne mijenja. Raspon dobivenih vrijednosti kreće se od 0,61°C u prvom slučaju pa do 0,03°C u četvrtom slučaju.

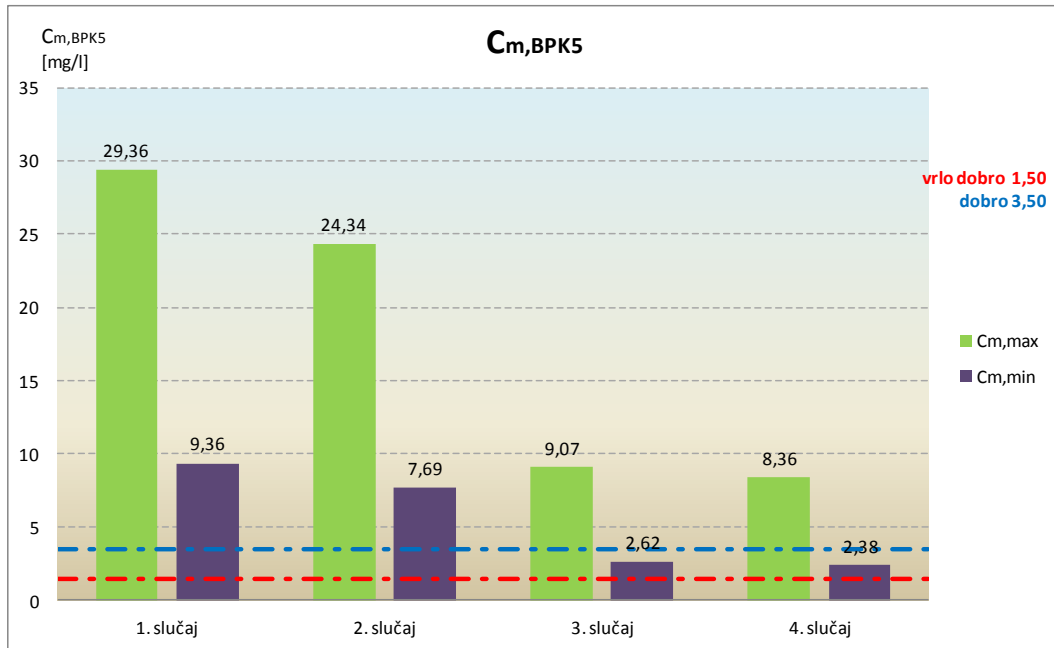
Dobiveni rezultati ukazuju na činjenicu da bi se uz prethodno usvojene pretpostavke narušilo postojeće stanje vodnog tijela akumulacije HE Čakovec – UMJERENO STANJE, što se smatra neprihvatljivim te u tom slučaju ovakvo kišno rasterećenje ne bi bilo prihvatljivo bez dodatnih mjera (*Tablica 5.8.*).

Tablica 5.8. Ocjena stanja vodnog tijela prema izračunu – minimalnih vrijednosti koncentracija

slučaj C <sub>m,min</sub>	BPK <sub>5</sub> [mg O <sub>2</sub> /l]	KPK [mg O <sub>2</sub> /l]	TN [mg N/l]	TP [mg P/l]	UKUPNA OCJENA STANJA
1	9,37	27,03	1,51	0,14	UMJERENO
2	7,70	22,70	1,34	0,11	UMJERENO
3	2,62	9,51	0,82	0,04	UMJERENO
4	2,38	8,89	0,79	0,04	UMJERENO

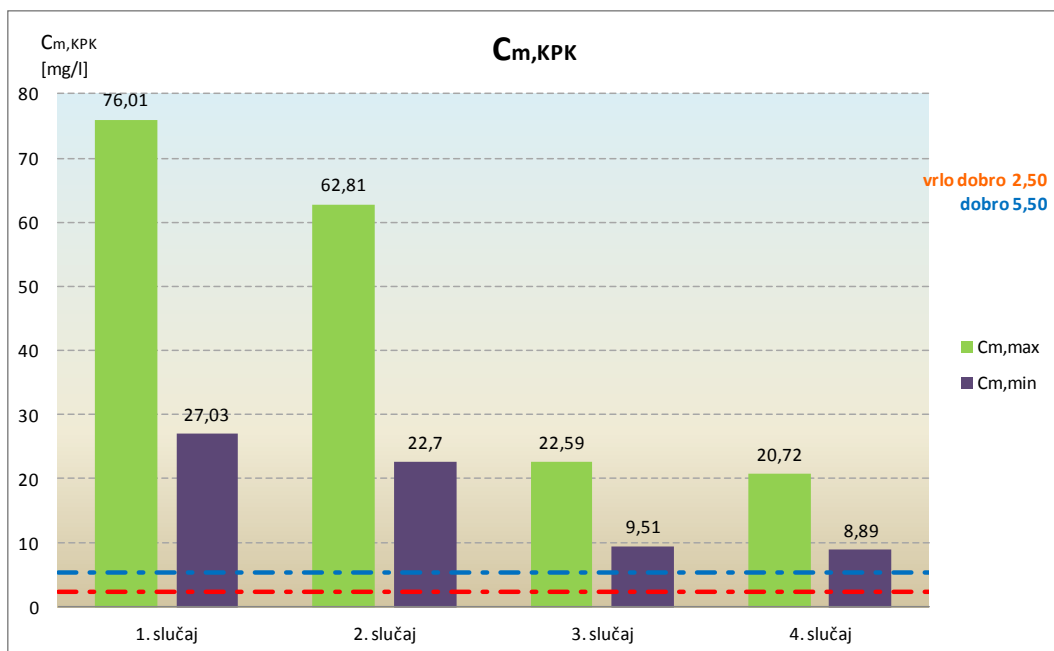
■ vrlo dobro stanje  
■ dobro stanje  
■ umjereno stanje

U nastavku je dan grafički prikaz (*Slika 5.3. do 5.8.*) koncentracije mješavine preljevnih količina i protoka kroz akumulaciju po analiziranim parametrima. Usporedba je prikazana po pretpostavljenim slučajevima minimalnih i maksimalnih ulaznih vrijednosti koncentracija preljevnih količina i akumulacije i graničnim vrijednostima dobrog i vrlo dobrog ekološkog stanja vodnog tijela za osnovne fizikalno-kemijske pokazatelje.



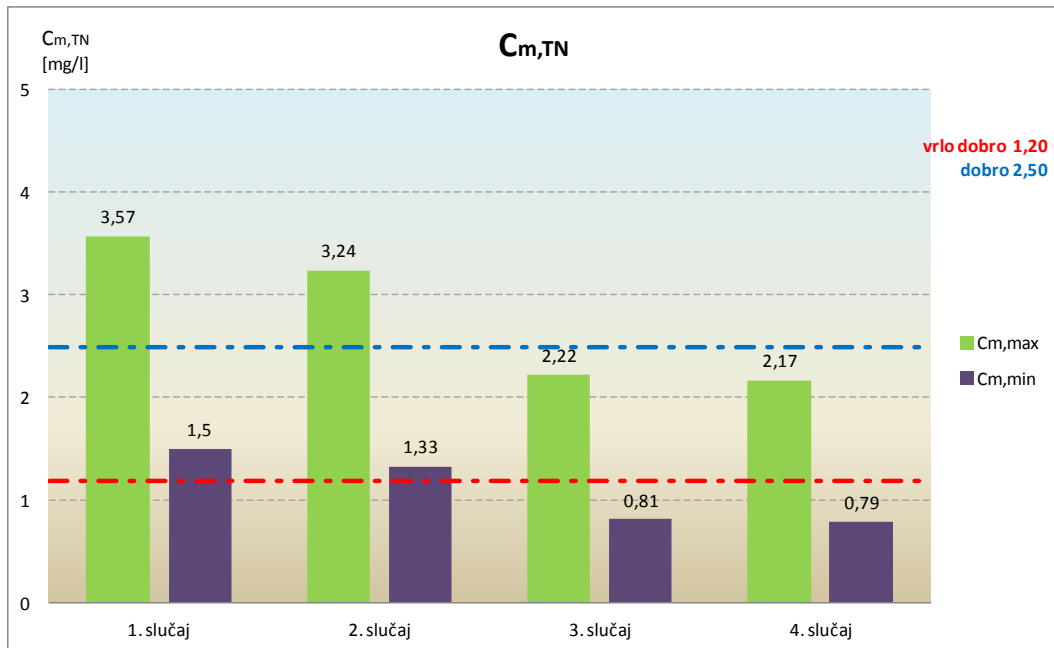
Slika 5.3. Grafički prikaz koncentracija BPK<sub>5</sub> nakon miješanja preljevnih voda i protoka kroz akumulaciju

Izračunom koncentracija BPK<sub>5</sub> nakon miješanja preljevnih voda i protoka kroz akumulaciju, pritom zanemarujući stalni volumen akumulacije, GVK dobrog ekološkog stanja vodnog tijela za osnovne fizikalno-kemijske pokazatelje (3,50 mg O<sub>2</sub>/l) postignuto je samo za minimalne vrijednosti koncentracija BPK<sub>5</sub> u 3. i 4. Slučaju (Slika 5.3.).



Slika 5.4. Grafički prikaz koncentracija KPK nakon miješanja preljevnih voda i protoka kroz akumulaciju

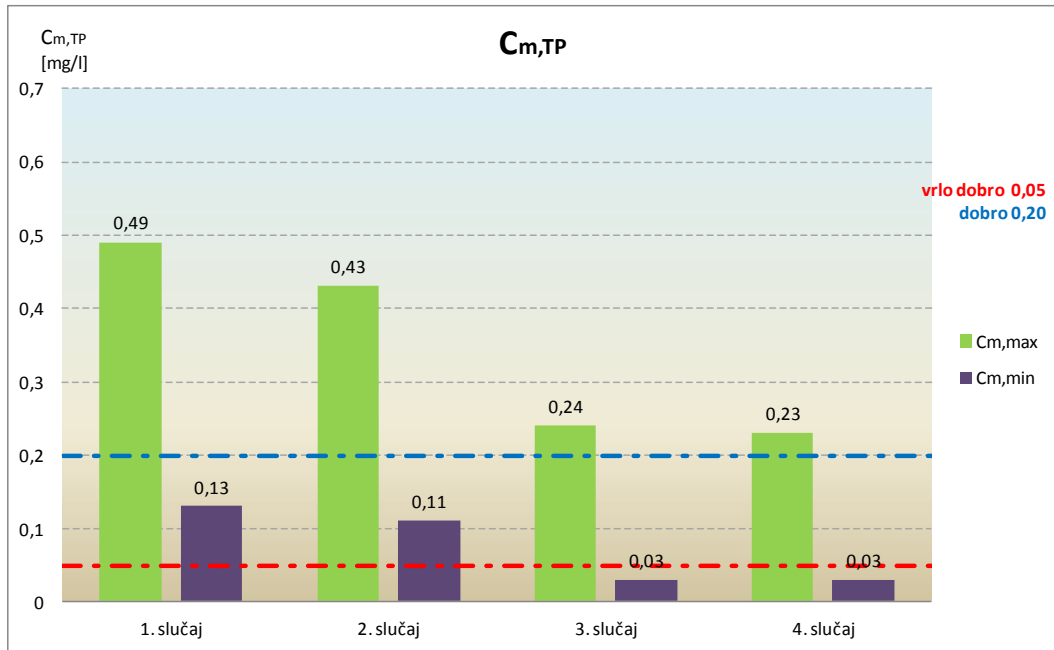
Izračunom koncentracija KPK nakon miješanja preljevnih voda i protoka kroz akumulaciju, pritom zanemarujući stalni volumen akumulacije, narušeno je postojeće stanje vodnog tijela akumulacije HE Čakovec. GVK ekološkog stanja vodnog tijela za osnovne fizikalno-kemijske pokazatelje ima karakteristike umjerenog ekološkog stanja vodnog tijela za minimalne i maksimalne vrijednosti koncentracije KPK u svim slučajevima (Slika 5.4.).



Slika 5.5. Grafički prikaz koncentracija TN nakon miješanja preljevnih voda i protoka kroz akumulaciju

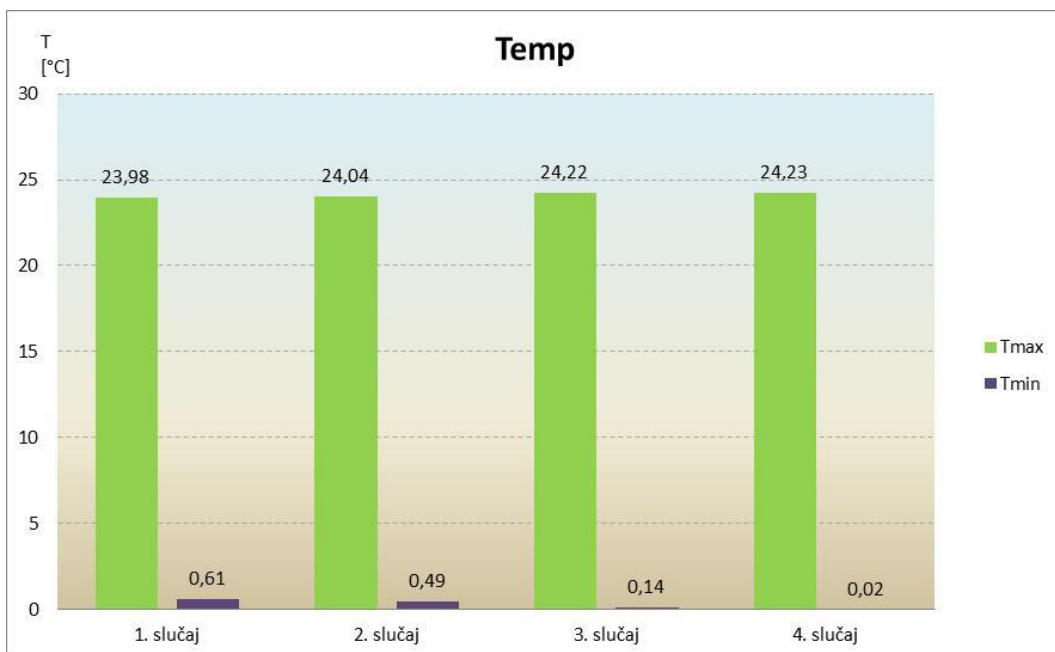
Izračunom koncentracija TN nakon miješanja preljevnih voda i protoka kroz akumulaciju, pritom zanemarujući stalni volumen akumulacije, GVK dobrog ekološkog stanja vodnog tijela za osnovne fizikalno-kemijske pokazatelje (2,50 mg O<sub>2</sub>/l) postignuto je za minimalne vrijednosti koncentracija TN u 1. i 2. slučaju te za maksimalne vrijednosti koncentracija TN u 3. i 4. slučaju.

GVK vrlo dobrog ekološkog stanja vodnog tijela za osnovne fizikalno-kemijske pokazatelje (1,20 mg O<sub>2</sub>/l) postignuto je za minimalne vrijednosti koncentracija TN u 3. i 4. slučaju (Slika 5.5.).

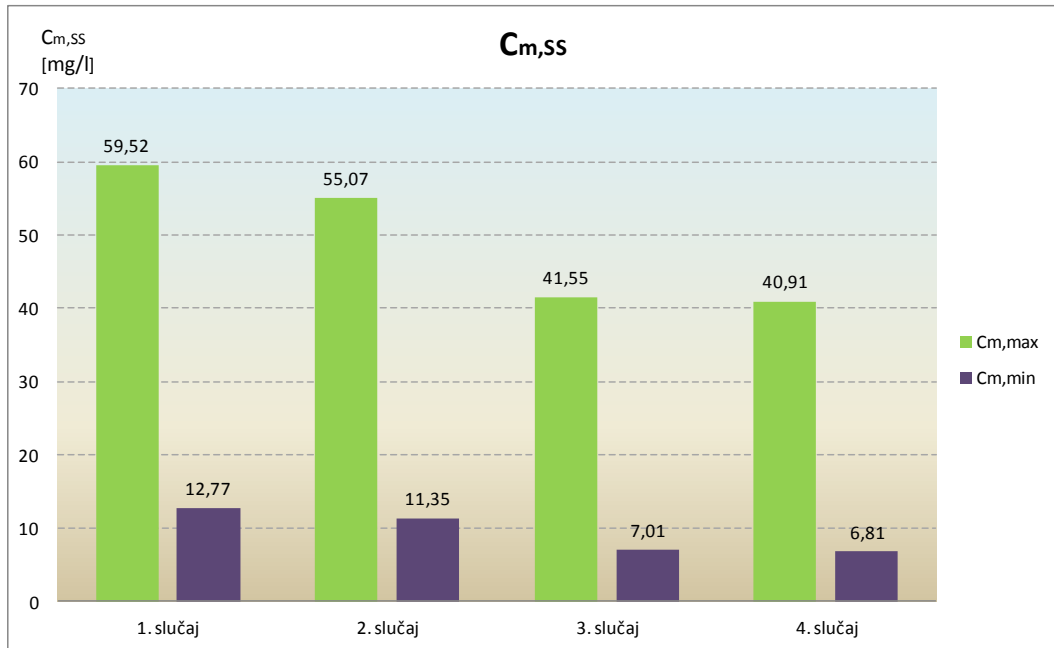


Slika 5.6. Grafički prikaz koncentracija TP nakon miješanja preljevni voda i protoka kroz akumulaciju

Izračunom koncentracija TP nakon miješanja preljevni voda i protoka kroz akumulaciju, pritom zanemarujući stalni volumen akumulacije, GVK dobrog ekološkog stanja vodnog tijela za osnovne fizikalno-kemijske pokazatelje (0,20 mg O<sub>2</sub>/l) postignuto je za minimalne vrijednosti koncentracija TP u 1. i 2. slučaju. GVK vrlo dobrog ekološkog stanja vodnog tijela za osnovne fizikalno-kemijske pokazatelje (0,05 mg O<sub>2</sub>/l) postignuto je za minimalne vrijednosti koncentracija TP u 3. i 4. slučaju (Slika 5.6.).

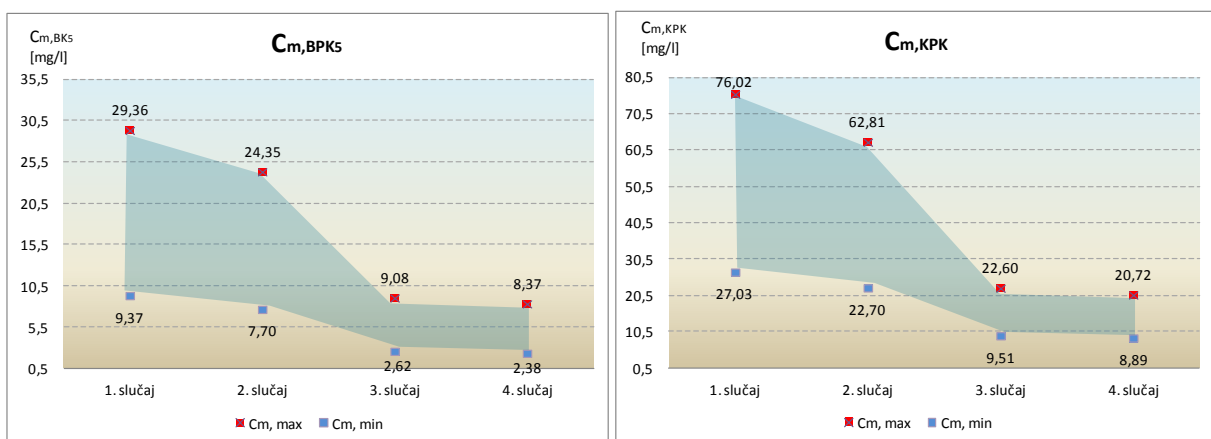


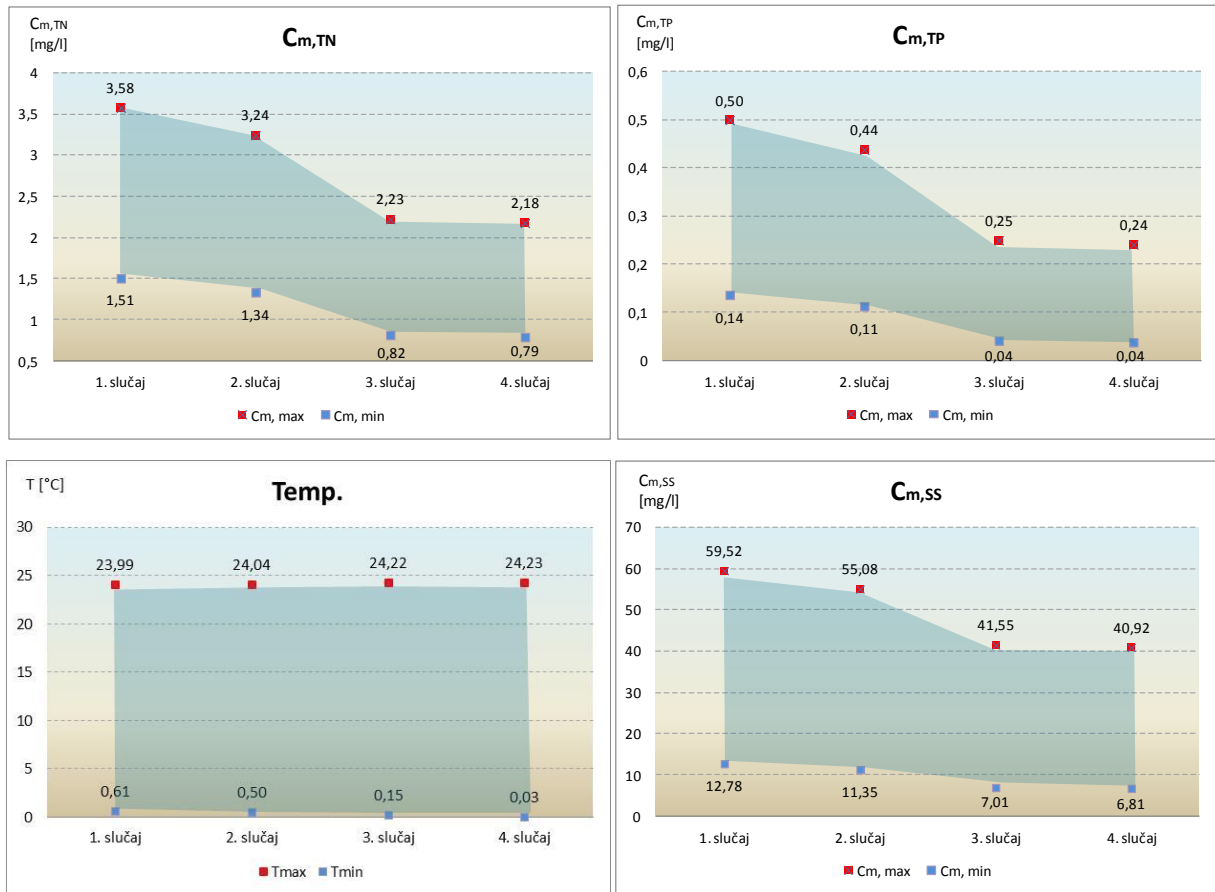
Slika 5.7. Grafički prikaz temperature nakon miješanja preljevni voda i protoka kroz akumulaciju



Slika 5.8. Grafički prikaz koncentracija SS nakon miješanja preljevnih voda i protoka kroz akumulaciju

Nadalje, grafički je prikazan raspon minimalnih, odnosno maksimalnih vrijednosti analiziranih fizikalno-kemijskih parametara kakvoće, koji se mogu očekivati za sva četiri slučaja uz prethodno usvojene pretpostavke.





Slika 5.9. Rasponi analiziranih parametara koji je moguće očekivati u prijamniku nakon miješanja uz prethodno usvojene pretpostavke

Iz grafičkih prikaza jasno se vidi razlika kada se u preljevnim vodama kišnog rasterećenja nalaze minimalne odnosno maksimalne vrijednosti analiziranih fizikalno-kemijskih parametara kakvoće i njihovo djelovanje na prijamnik nakon miješanja uz prethodno usvojene pretpostavke.

Minimalna/maksimalna temperatura preljevnih voda kišnog rasterećenja nema značajniji utjecaj na temperaturu akumulacije, odnosno ljetne (maksimalne temperature) ili zimske (minimalne temperature) akumulacije se bitno ne mijenjaju nakon upuštanja preljevnih količina u akumulaciju.

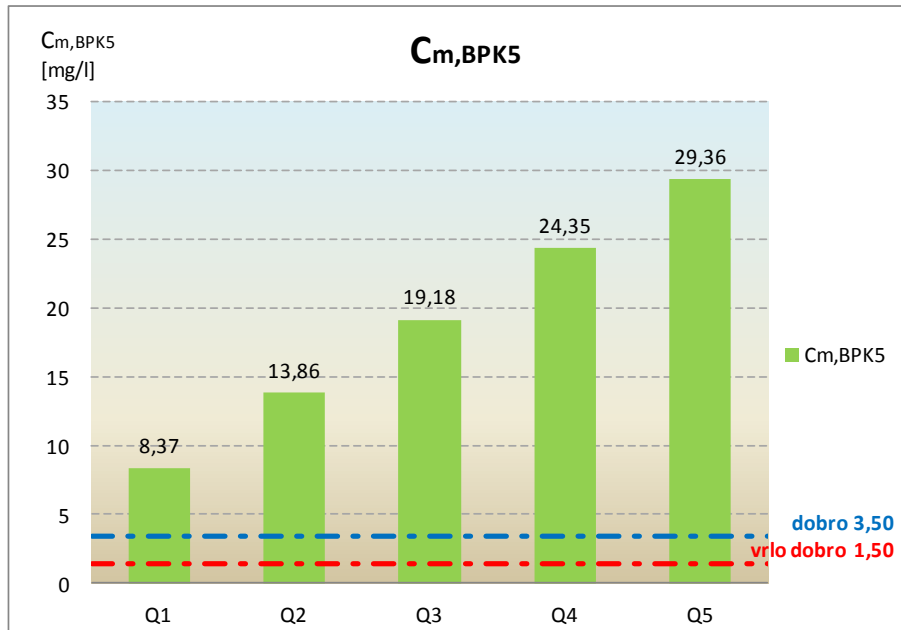
### 5.1.2. Analiza utjecaja dinamike rada crpki

Dodatno je analiziran utjecaj rada crpki na ukupnu koncentraciju nakon miješanja preljevnih količina i protoka kroz akumulaciju kada je prisutan minimalni protok u akumulaciji (kao najnepovoljniji slučaj sa stajališta protoka kroz akumulaciju). Analizirano je ukupno pet slučajeva (u ovisnosti o broju aktivnih crpki u paralelnom radu) pri maksimalnim koncentracijama promatranih parametara u preljevnim količinama i u akumulaciji (*Tablica 5.9.*):

1. slučaj  $Q_1 + Q_{\min,ak}$  (radi 1 crpka)
2. slučaj  $Q_2 + Q_{\min,ak}$  (paralelni rad 2 crpke)
3. slučaj  $Q_3 + Q_{\min,ak}$  (paralelni rad 3 crpke)
4. slučaj  $Q_4 + Q_{\min,ak}$  (paralelni rad 4 crpke)
5. slučaj  $Q_5 + Q_{\min,ak}$  (paralelni rad svih 5 crpki)

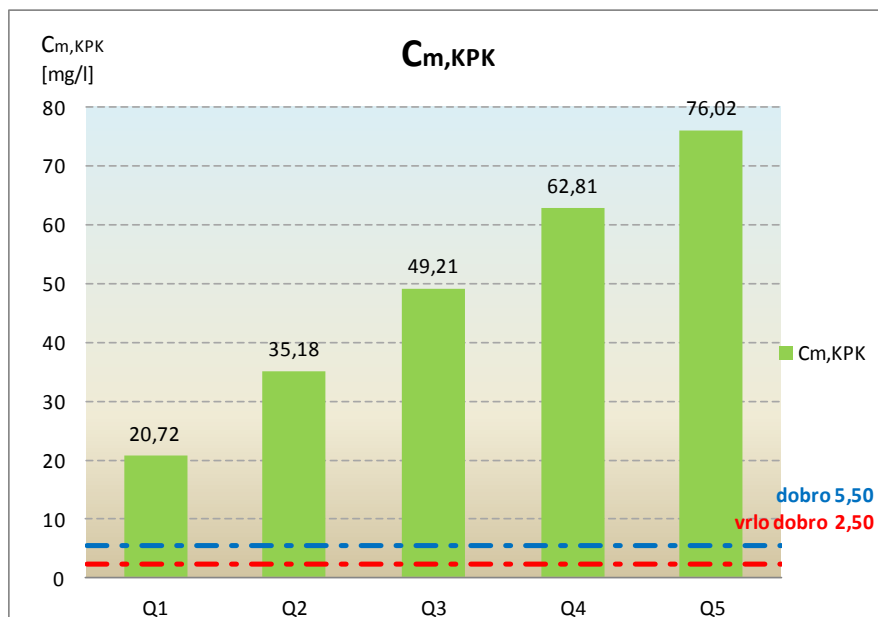
*Tablica 5.9. Izračun koncentracija nakon miješanja preljevnih voda i protoka kroz akumulaciju u ovisnosti dinamici rada crpki crpne stanice za preljevne količine*

	BPK5 [mg O <sub>2</sub> /l]	KPK [mg O <sub>2</sub> /l]	ukupni dušik TN [mg N/l]	ukupni fosfor TP [mg P/l]	temp. vode [°C]	suspendirane tvari SS [mg/l]
<b>Maksimalne vrijednosti u preljevnim količinama - <math>C_{v,max}</math></b>						
	365	960	25,97	4,64	20,03	356,90
<b>Maksimalne vrijednosti u akumulaciji - <math>C_{p,max}</math></b>						
	2,70	5,80	1,80	0,17	24,30	35,90
<b>Vrijednosti u akumulaciji nakon miješanja - <math>C_{m, max}</math></b>						
Q1	8,37	20,72	2,18	0,24	24,23	40,92
Q2	13,86	35,18	2,54	0,31	24,17	45,79
Q3	19,18	49,21	2,90	0,37	24,11	50,50
Q4	24,35	62,81	3,24	0,44	24,04	55,08
Q5	29,36	76,02	3,58	0,50	23,99	59,52



Slika 5.10. Grafički prikaz koncentracija BPK<sub>5</sub> nakon miješanja preljavnih voda i protoka kroz akumulaciju u ovisnosti dinamici rada crpki crpne stanice za preljevne količine

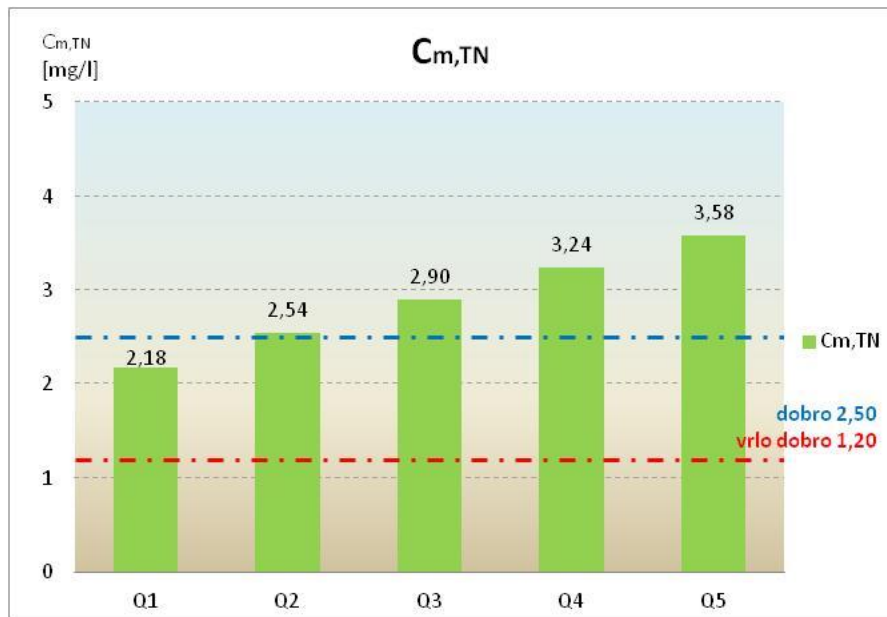
Izračunom koncentracija BPK<sub>5</sub> nakon miješanja preljavnih voda i protoka kroz akumulaciju, kada je prisutan minimalni protok u akumulaciji i dinamika crpki u paralelnom radu, narušeno je postojeće ekološko stanje vodnog tijela akumulacije HE Čakovec. GVK ekološkog stanja vodnog tijela za osnovne fizikalno-kemijske pokazatelje ima karakteristike umjerenog ekološkog stanja vodnog tijela za svih pet slučajeva (Slika 5.10.).



Slika 5.11. Grafički prikaz koncentracija KPK nakon miješanja preljavnih voda i protoka kroz akumulaciju u ovisnosti dinamici rada crpki crpne stanice za preljevne količine

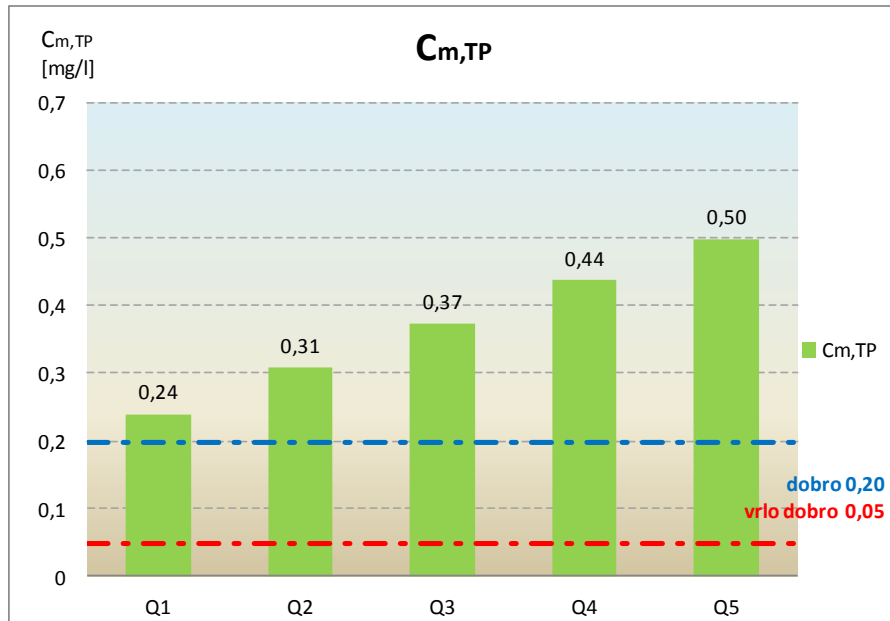


Izračunom koncentracija KPK nakon miješanja preljevnih voda i protoka kroz akumulaciju, kada je prisutan minimalni protok u akumulaciji i dinamika crpki u paralelnom radu, narušeno je postojeće ekološko stanje vodnog tijela akumulacije HE Čakovec. GVK ekološkog stanja vodnog tijela za osnovne fizikalno-kemijske pokazatelje ima karakteristike umjerenog ekološkog stanja vodnog tijela za svih pet slučajeva (*Slika 5.11.*).



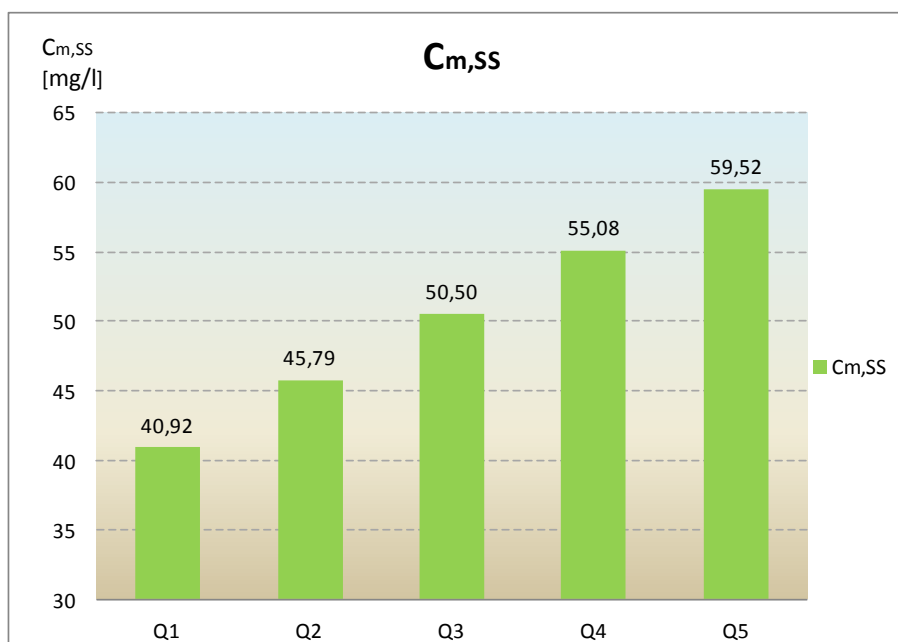
*Slika 5.12. Grafički prikaz koncentracija TN nakon miješanja preljevnih voda i protoka kroz akumulaciju u ovisnosti dinamici rada crpki crpne stanice za preljevne količine*

Izračunom koncentracija TN nakon miješanja preljevnih voda i protoka kroz akumulaciju, kada je prisutan minimalni protok u akumulaciji i dinamika crpki u paralelnom radu, narušeno je postojeće ekološko stanje vodnog tijela akumulacije HE Čakovec. GVK ekološkog stanja vodnog tijela za osnovne fizikalno-kemijske pokazatelje ima karakteristike dobrog ekološkog stanja vodnog tijela kod uključivanja rada samo jedne crpke dok sa uključivanjem rada ostalih crpki stanje vodnog tijela prelazi u umjereni ekološki stanje (*Slika 5.12.*).



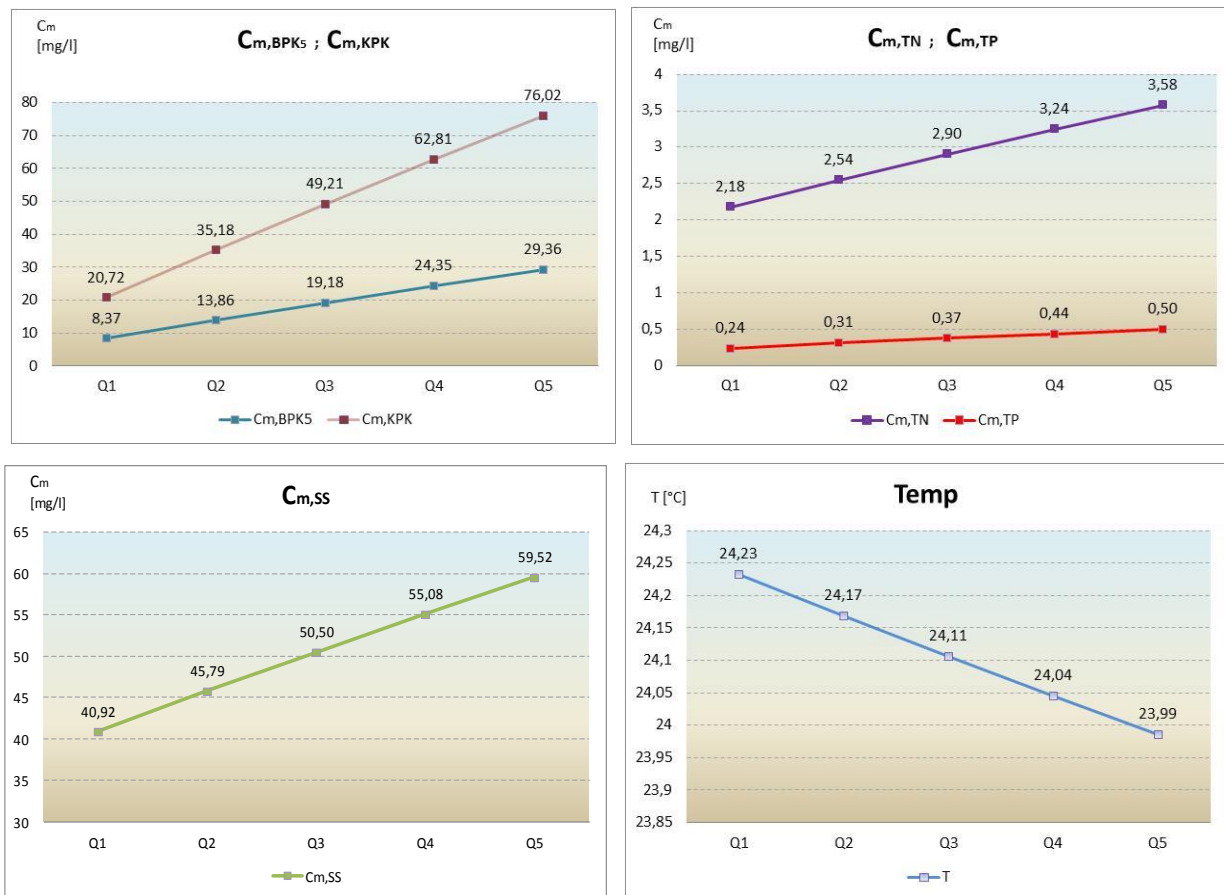
Slika 5.13. Grafički prikaz koncentracija TP nakon miješanja preljevnih voda i protoka kroz akumulaciju u ovisnosti dinamici rada crpki crpne stanice za preljevne količine

Izračunom koncentracija TP nakon miješanja preljevnih voda i protoka kroz akumulaciju, kada je prisutan minimalni protok u akumulaciji i dinamika crpki u paralelnom radu, narušeno je postojeće ekološko stanje vodnog tijela akumulacije HE Čakovec. GVK ekološkog stanja vodnog tijela za osnovne fizikalno-kemijske pokazatelje ima karakteristike umjerenog ekološkog stanja vodnog tijela za svih pet slučajeva (Slika 5.13.).



Slika 5.14. Grafički prikaz koncentracija SS nakon miješanja preljevnih voda i protoka kroz akumulaciju u ovisnosti dinamici rada crpki crpne stanice za preljevne količine

U nastavku je dan grafički prikaz (Slika 5.15.) vrijednosti analiziranih fizikalno-kemijskih parametara mješavine preljevnih količina i protoka kroz akumulaciju u ovisnosti dinamici rada crpki po pojedinim parametrima.



Slika 5.15. Vrijednost analiziranih parametara nakon miješanja preljevnih količina i protoka kroz akumulaciju u ovisnosti o dinamici rada crpki CS za preljevne količine

Iz prikazanih grafova vidljiv je utjecaj dinamike rada crpki crpne stanice nakon kišnog rasterećenja UPOV-a na vrijednosti analiziranih fizikalno-kemijskih parametara nakon miješanja preljevnih voda i protoka kroz akumulaciju. Naime, uz minimalni protok u akumulaciji, vrijednosti analiziranih parametara nakon miješanja linearno rastu aktiviranjem svake sljedeće (dodatne) crpke u paralelnom radu. S druge strane, temperature nakon miješanja preljevnih voda i protoka kroz akumulaciju linearno opadaju aktiviranjem svake sljedeće (dodatne) crpke u paralelnom radu.

Tablica 5.10. Ocjena stanja vodnog tijela prema izračunu – utjecaj rada crpki

broj rada crpki Q [m <sup>3</sup> /s]	BPK5 [mg O <sub>2</sub> /l]	KPK [mg O <sub>2</sub> /l]	TN [mg N/l]	TP [mg P/l]	UKUPNA OCJENA STANJA
1	8,37	20,72	2,18	0,24	UMJERENO
2	13,86	35,18	2,54	0,31	UMJERENO
3	19,18	49,21	2,90	0,37	UMJERENO
4	24,35	62,81	3,24	0,44	UMJERENO
5	29,36	76,02	3,58	0,50	UMJERENO

■ vrlo dobro stanje  
■ dobro stanje  
■ umjereno stanje

## 5.2. Analiza pri kojoj se akumulacija promatra kao zatvoreno vodno tijelo (jezero)

Dodatnom analizom akumulaciju se promatra kao zatvoreno vodno tijelo, odnosno protok kroz akumulaciju jednak je 0 ( $Q_{ak} = 0$ ). Za izračun koncentracije fizikalno-kemijskih parametara uzima se raspon realno mogućeg volumena akumulacije ( $V_{min,ak}$  ;  $V_{max,ak}$ ) i volumen preljevnih količina pri pojavi projektne mjerodavne oborine PP 5 godina ( $V_p$ ) koji je očitao iz kalibriranog hidrauličkog matematičkog modela (Tablica 5.12. i 5.14.), budući da je na ovu razinu sigurnosti i projektiran i koncipiran cjelokupni sustav odvodnje

$$V_{max,ak} = 51 \text{ hm}^3$$

$$V_{min,ak} = 14,25 \text{ hm}^3$$

$$V_p = 60.000 \text{ m}^3$$

Izračun koncentracija onečišćujućih tvari mješavine preljevnih količina i stalnog volumena akumulacije računa se pomoću sljedećeg izraza:

$$C_m = \frac{V_p \cdot C_p + V_{ak} \cdot C_{ak}}{V_{ak}} \text{ [mg/l]}$$

gdje je:

$C_m$  – ukupna koncentracija mješavine preljevnih količina i vode prijamnika [mg/l]

$C_p$  – koncentracija pojedinog parametra u preljevnim količinama [mg/l]

$C_{ak}$  – koncentracija pojedinog parametra u prijamniku [mg/l]

$V_p$  – volumen preljevnih količina [ $m^3$ ]

$V_{ak}$  – volumen akumulacije [ $m^3$ ]

Analizirana su po dva slučaja, kada su uzete u obzir (a) maksimalne koncentracije promatranih fizikalno-kemijskih parametara u preljevnim količinama i akumulaciji te (b) minimalne koncentracije fizikalno-kemijskih parametara u preljevnim količinama i akumulaciji.

a) maksimalne koncentracije fizikalno-kemijskih parametara u preljevnim količinama i akumulaciji

1. slučaj – realan slučaj, pri pojavi mjerodavne oborine PP 5 godina za očekivati je i značajniju ispunjenost akumulacije.

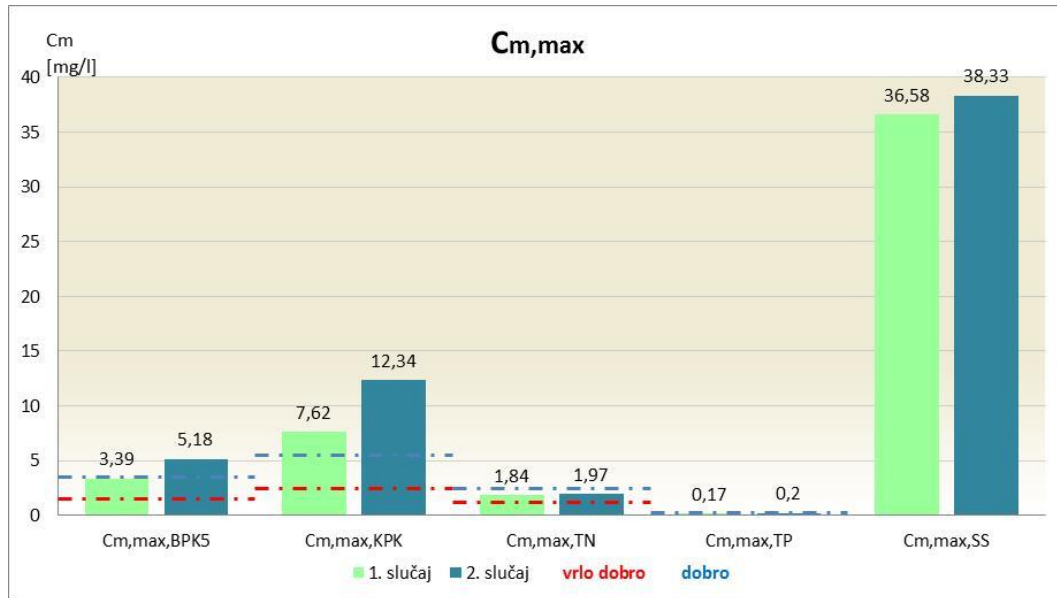
$$V_p + V_{max,ak}$$

2. slučaj – najgori mogući slučaj, pojavljuje se jako rijetko pri pojavi mjerodavne oborine PP 5 godina, moguć primjerice u ljetnom periodu kod kratkotrajnih oborina za vrijeme sanacije asfalt-betonske obloge jezera (spuštena kota zbog sanacije obloge).

$$V_p + V_{min,ak}$$

Tablica 5.11. Izračun koncentracija nakon miješanja preljevnih voda i stalnog volumena akumulacije – maksimalne vrijednosti koncentracija

	BPK5 [mg O <sub>2</sub> /l]	KPK [mg O <sub>2</sub> /l]	ukupni dušik TN [mg N/l]	ukupni fosfor TP [mg P/l]	temp. vode [°C]	suspendirane tvari SS [mg/l]
	Maksimalne vrijednosti u preljevnim količinama - $C_{v,max}$					
	365	960	25,97	4,64	20,03	356,90
	Maksimalne vrijednosti u akumulaciji - $C_{p,max}$					
	2,70	5,80	1,80	0,17	24,30	35,90
	Vrijednosti u akumulaciji nakon miješanja - $C_{m,max}$					
1. slučaj	3,13	6,93	1,83	0,18	24,32	36,32
2. slučaj	4,24	9,84	1,91	0,19	24,38	37,40



Slika 5.16. Grafički prikaz koncentracija nakon miješanja preljevnih voda i stalnog volumena akumulacije – maksimalne vrijednosti koncentracija

Analizom odabranih fizikalno-kemijskih parametara nakon miješanja preljevnih količina i stalnog volumena akumulacije, uzimajući u obzir maksimalne vrijednosti koncentracija promatranih parametara u preljevnim količinama i maksimalne vrijednosti koncentracija u akumulaciji, a pritom promatrajući akumulaciju kao zatvoreno vodno tijelo, uočava se da koncentracije BPK<sub>5</sub>, TN, TP u 1. slučaju zadovoljavaju GVK dobrog ekološkog stanja vodnog tijela za osnovne fizikalno-kemijske pokazatelje (3,50 mg O<sub>2</sub>/l; 2,50 mg N/l; 0,20 mg P/l). Koncentracija TN, TP zadovoljava i u 2. slučaju GVK dobrog ekološkog stanja vodnog tijela. Koncentracija KPK ne zadovoljava GVK dobrog ekološkog stanja vodnog tijela ni u jednom od analiziranih slučajeva (Slika 5.16.).

Temperatura preljevnih voda nema značajnijeg utjecaja na temperaturu akumulacije, shodno tome temperatura vodnog tijela nakon njihovog miješanja bitno se ne mijenja. Raspon dobivenih vrijednosti kreće se od 24,32°C s maksimalnim volumenom akumulacije, do 24,38°C s minimalnim volumenom akumulacije.

Dobiveni rezultati ukazuju na činjenicu da bi se uz prethodno usvojene pretpostavke narušilo postojeće stanje vodnog tijela akumulacije HE Čakovec (ono bi prešlo iz dobrog u – UMJERENO STANJE), što se smatra neprihvatljivim te bi se u tom slučaju uz dano rješenje trebalo predvidjeti i dodatne mjere za poboljšanje ekološkog stanja akumulacije (Tablica 5.12.).

Tablica 5.12. Ocjena stanja vodnog tijela prema izračunu – maksimalne vrijednosti koncentracija

slučaj C <sub>m,max</sub>	BPK5 [mg O <sub>2</sub> /l]	KPK [mg O <sub>2</sub> /l]	TN [mg N/l]	TP [mg P/l]	UKUPNA OCJENA STANJA
1	3,13	6,93	1,83	0,18	UMJERENO
2	4,24	9,84	1,91	0,19	UMJERENO

■ vrlo dobro stanje  
■ dobro stanje  
■ umjereno stanje

b) minimalne koncentracije fizikalno-kemijskih parametara u preljevnim količinama i akumulaciji

1. slučaj – realan slučaj, pri pojavi mjerodavne oborine PP 5 godina za očekivati je i veliku ispunjenost akumulacije.

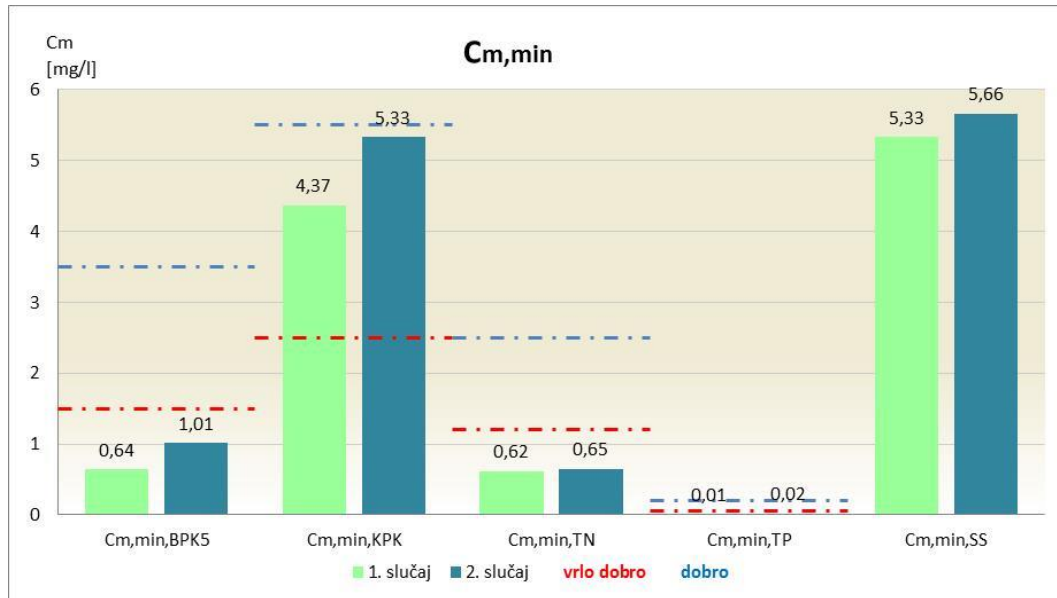
$$V_p + V_{\max,ak}$$

2. slučaj – najgori mogući slučaj, pojavljuje se jako rijetko pri pojavi mjerodavne oborine PP 5 godina, moguć primjerice u ljetnom periodu kod kratkotrajnih oborina za vrijeme sanacije asfalt-betonske obloge jezera (spuštena kota zbog sanacije obloge).

$$V_p + V_{\min,ak}$$

Tablica 5.13. Izračun koncentracija nakon miješanja preljevnih voda i stalnog volumena akumulacije – minimalne vrijednosti koncentracija

	BPK5 [mg O <sub>2</sub> /l]	KPK [mg O <sub>2</sub> /l]	ukupni dušik TN [mg N/l]	ukupni fosfor TP [mg P/l]	temp. vode [°C]	suspendirane tvari SS [mg/l]
Minimalne vrijednosti u preljevnim količinama - C <sub>v,min</sub>						
	121	317	12,91	1,71	8,29	108,17
Minimalne vrijednosti u akumulaciji - C <sub>p,min</sub>						
	0,50	4,00	0,60	0,01	0,00	5,20
Vrijednosti u akumulaciji nakon miješanja - C <sub>m,min</sub>						
1. slučaj	0,64	4,37	0,62	0,01	0,01	5,33
2. slučaj	1,01	5,33	0,65	0,02	0,03	5,66



Slika 5.17. Grafički prikaz koncentracija nakon miješanja preljevnih voda i stalnog volumena akumulacije – minimalne vrijednosti koncentracija

Analizom odabranih fizikalno-kemijskih parametara nakon miješanja preljevnih voda u akumulaciju, uzimajući u proračun minimalne vrijednosti koncentracija u preljevnim vodama i minimalne vrijednosti koncentracija u akumulaciji, pritom gledajući akumulaciju kao zatvoreno vodno tijelo, vidljivo je da koncentracije BPK<sub>5</sub>, TN, TP u oba slučaja zadovoljavaju GVK vrlo dobrog ekološkog stanja vodnog tijela (1,50 mg O<sub>2</sub>/l; 1,20 mg N/l; 0,05 mg P/l). Koncentracija KPK u oba slučaja zadovoljava GVK dobrog ekološkog stanja vodnog tijela (5,50 mg O<sub>2</sub>/l) (Slika 5.17.).

Temperatura preljevnih voda nema značajnijeg utjecaja na temperaturu akumulacije, shodno tome temperatura vodnog tijela nakon njihovog miješanja bitno se ne mijenja. Raspon dobivenih vrijednosti kreće se od 0,01°C sa maksimalnim volumenom akumulacije, do 0,03°C sa minimalnim volumenom akumulacije.

Dobiveni rezultati ukazuju na činjenicu da bi, uz prethodno usvojene pretpostavke, postojeće stanje vodnog tijela akumulacije HE Čakovec ostalo nepromijenjeno, odnosno zadržane su karakteristike dobrog ekološkog stanja vodnog tijela za osnovne fizikalno-kemijske pokazatelje. (Tablica 5.14.).



Tablica 5.14. Ocjena stanja vodnog tijela prema izračunu – minimalne vrijednosti koncentracija

slučaj C <sub>m,min</sub>	BPK <sub>5</sub> [mg O <sub>2</sub> /l]	KPK [mg O <sub>2</sub> /l]	TN [mg N/l]	TP [mg P/l]	UKUPNA OCJENA STANJA
1	0,64	4,37	0,62	0,01	DOBRO
2	1,01	5,33	0,65	0,02	DOBRO

■ vrlo dobro stanje  
■ dobro stanje  
■ umjereno stanje

### 5.3. Prijedlog mogućih mjera poboljšanja projektiranog rješenja

Akumulacija HE Čakovec kao vodno tijelo CDRN0002\_017, Drava prema fizikalno-kemijskim elemenata kakvoće, dobivenim analizom u poglavlju 4.1. *Kvaliteta vode u akumulaciji HE Čakovec*, ima karakteristike kategorije dobrog ekološkog stanja. Provedene analize preljavnih količina kišnog rasterećenja (ispred UPOV-a) na kvalitetu vode u akumulaciji, odnosno koncentracije fizikalno-kemijskih parametara nakon miješanja preljavnih voda i akumulacije, pokazuju da se pogoršava ekološko stanje vodnog tijela i degradira u umjereno ekološko stanje. Izuzetak je tek analiza kojom se akumulacija promatra kao zatvoreno vodno tijelo s minimalnim ulaznim koncentracijama, gdje nakon miješanja preljavnih voda u akumulaciju ostaju karakteristike GVK dobrog ekološkog stanja vodnog tijela. Generalno je uočeno da je parametar KPK izrazito visok i najčešće kritičan parametar za klasifikaciju akumulacije s umjerenim ekološkim stanjem, stoga će se u nastavku dati generalno mogući prijedlozi poboljšanja postojećeg rješenja i popravljivanja ekološkog stanja prijarnika.

Poboljšanje postojećeg rješenja i popravljivanje ekološkog stanja prijarnika moguće je pomoću predtretmana kišnog rasterećenja, koji bi imao djelomičnog pročišćavanje preljavnih voda do odgovarajućeg stupnja prije pumpanja u akumulaciju, prijarnik. Takav predtretman djelovao bi kao svojevrsno brzo pročišćavanje (primjerice korištenjem sita, taloženja i sl).

Poboljšanje postojećeg stanja moguće je i uvođenjem aeracije u samu akumulaciju. Aeracija je proces upuhivanje stlačenog zraka u vode, gdje se otopljeni kisik troši za oksidaciju organskih tvari, teških metala i minerala. Aeracijom se mogu smanjiti i razine onečišćujućih tvari, BPK<sub>5</sub>, KPK, fosfata i bakterija kao i rast algi i biljaka. Drugim riječima aeracija je korisna za „zdravlje“ voda, jer dovoljna količina otopljenog kisika rezultira autopurifikacijom odnosno samopročišćavanjem prijarnika. Turbulentno tečenje uzrokovano procesom aeracije doprinosi samom procesu.

Aeracijski sustavi mogu biti dubinski (difuzori), mehanički (površinski aeratori) ili kombinirani. U nastavku su prikazani primjeri mehaničkih aeracijskih sustava (*Slika 5.18. do 5.20.*), odnosno površinskih aeratora korištenih za poboljšanje ekološkog stanja vodnog tijela, a u nekim slučajevima imaju i dodatnu vrijednost kao dekorativni elementi vodnog tijela.



*Slika 5.18. Površinski aerator za dubinu vode manju od 2 m (Izvor: <https://www.pondaeration.ca/industrial-tailings-water-treatment.html>)*



Slika 5.19. Površinski aerator kao dekorativna fontana (Izvor: <https://kascomarine.com/>)



Slika 5.20. Površinski aerator kao i dekorativna fontana (Izvor: <http://www.k-w-y.org/filter/Luise/Waste-Water-Fountain>)

## 6. ZAKLJUČAK

Analiza unosa preljevniha količina kišnog rasterećenja neposredno ispred UPOV-a Varaždin u akumulaciju HE Čakovec izrađena je na osnovi analizirane kakvoće vode preljevniha količina i kakvoće voda akumulacije HE Čakovec na temelju definiraniha fizikalno-kemijskih parametra. Analiza koncentracija fizikalno-kemijskih parametara u akumulaciji nakon upuštanja preljevniha količina izrađena je na sljedećim pretpostavkama:

- u proračun su uzete vrijednosti koncentracija fizikalno-kemijskih parametara u preljevnim količinama bez razrjeđenja, odnosno koncentracije u influentu na UPOV koji je ispitan na 24 satnim kompozitnim uzorcima (nema trenutnog uzorkovanja na kišnom rasterećenju za vrijeme rasterećenja u prijamnik),

- u proračun su uzete vrijednosti koncentracije fizikalno-kemijskih parametara u akumulaciji HE Čakovec ispitane na kvartalnim uzorcima u tekućoj godini,

- GVK ekološkog stanja vodnog tijela uobičajeno se sagledava na osnovu fizikalno-kemijskih i kemijskih elemenata kakvoće te bioloških elemenata, a u ovom radu sagledani su i analizirani samo pojedini fizikalno-kemijski elementi kakvoće.

Analiza koncentracija fizikalno-kemijskih parametara nakon upuštanja preljevniha voda u akumulaciju te provjera ekološkog stanja vodnog tijela akumulacije nakon upuštanja preljevniha voda izrađena je na osnovi sljedećih pretpostavljeni slučajeva:

- Vodno tijelo akumulacije analizirano je kao vodno tijelo tekućica, gdje u proračun ulazi protok (stalni volumen akumulacije je zanemaren) s minimalnim/maksimalnim koncentracijama fizikalno-kemijskih parametara. Takvo vodno tijelo promatrano je kroz četiri slučaja, sa različitim protocima kroz akumulaciju i kišno rasterećenje, radi analize koncentracija u najnepovoljnijem i najpovoljnijem mogućem slučaju.

- Vodno tijelo akumulacije analizirano je kao zatvoreno vodno tijelo, gdje u proračun ulazi stalni volumen akumulacije s minimalnim/maksimalnim koncentracijama fizikalno-kemijskih parametara. Pritom je akumulacija promatrana kroz dva slučaja, s minimalnim i maksimalnim volumenom uz volumen preljevniha količina koji je očitao iz kalibriranog hidrauličkog matematičkog modela pri pojavi mjerodavne oborine PP 5 godina radi analize koncentracija u najnepovoljnijem i najpovoljnijem mogućem slučaju.

Akumulacija HE Čakovec kao vodno tijelo CDRN0002\_017, Drava prema fizikalno-kemijskim elementima kakvoće, ima karakteristike kategorije dobrog ekološkog stanja za osnovne fizikalno-kemijske pokazatelje. Provedena analiza utjecaja upuštanja preljevniha količina kišnog rasterećenja (ispred UPOV-a) na kvalitetu vode u akumulaciji, odnosno koncentracije

fizikalno-kemijskih parametara nakon miješanja preljevnih voda i akumulacije, pokazuju da se pogoršava ekološko stanje vodnog tijela i degradira u umjereno ekološko stanje. Dobiveni rezultati upućuju na činjenicu da ekološko stanje vodnog tijela akumulacije HE Čakovec ne bi bilo u optimalnom stanju nakon upuštanja preljevnih količine te navode na zaključak da bi uz predviđeno rješenje bilo potrebno implementirati i dodatne mjere zaštite i poboljšanja kakvoće vode prijamnika (primjerice uvođenjem aeracije prijamnika).

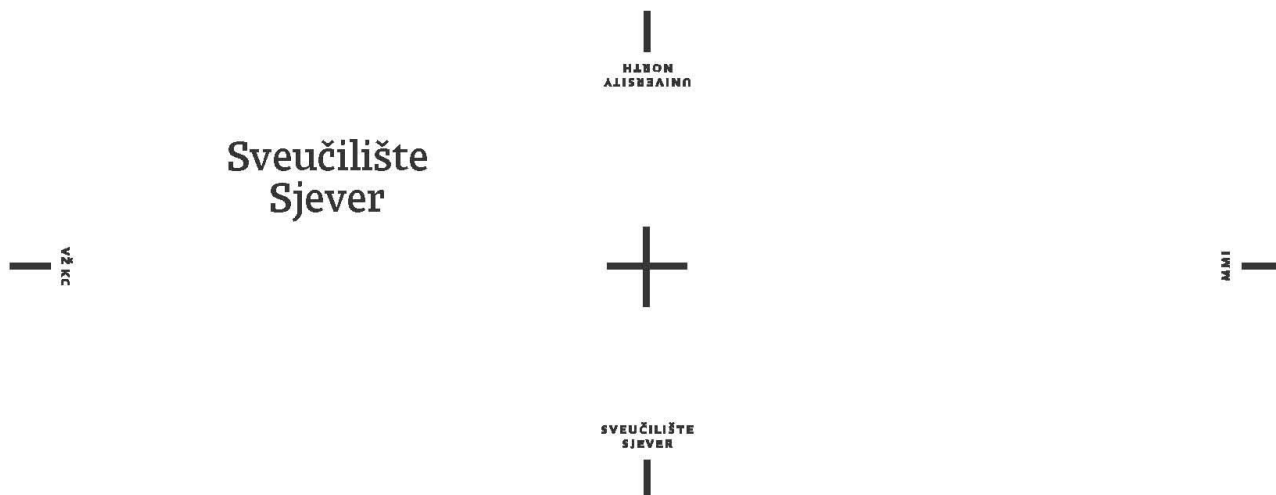
Zaključno se napominje da su prikazane analize samo preliminarne, uz usvojene brojne prethodno navedene pretpostavke. Da bi se dobila preciznija slika unosa onečišćenja preporuča se korištenje detaljnog numeričkog 3D modela koji bi obuhvatio sve utjecajne parametre poput svih fizikalno-kemijskih i kemijskih elemenata kakvoće, bioloških elemenata, protoka, volumena, hidroloških karakteristika, strujanja unutar akumulacije, geodetskih podloga vezanih uz akumulaciju, meteoroloških podataka i dr.

U Varaždinu 30.09.2020.

Studentica :

Tanja Trabe Baranašić

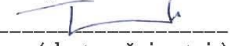




**IZJAVA O AUTORSTVU  
I  
SUGLASNOST ZA JAVNU OBJAVU**


Završni/diplomski rad isključivo je autorsko djelo studenta koji je isti izradio te student odgovara za istinitost, izvornost i ispravnost teksta rada. U radu se ne smiju koristiti dijelovi tuđih radova (knjiga, članaka, doktorskih disertacija, magistarskih radova, izvora s interneta, i drugih izvora) bez navođenja izvora i autora navedenih radova. Svi dijelovi tuđih radova moraju biti pravilno navedeni i citirani. Dijelovi tuđih radova koji nisu pravilno citirani, smatraju se plagijatom, odnosno nezakonitim prisvajanjem tuđeg znanstvenog ili stručnoga rada. Sukladno navedenom studenti su dužni potpisati izjavu o autorstvu rada.

Ja, Tanja Trabe Baranašić (*ime i prezime*) pod punom moralnom, materijalnom i kaznenom odgovornošću, izjavljujem da sam isključivi autor/ica diplomskog (obrisati nepotrebno) rada pod naslovom Analiza unosa opterećenja u akumulacijsko jezero HE Čakovec na lokaciji kišnog rasterećenja UPOV-a Varaždin te da u navedenom radu nisu na nedozvoljeni način (bez pravilnog citiranja) korišteni dijelovi tuđih radova.

Student/ica:  
(*upisati ime i prezime*)  
Tanja Trabe Baranašić  
  
(vlastoručni potpis)

Sukladno Zakonu o znanstvenoj djelatnosti i visokom obrazovanju završne/diplomske radove sveučilišta su dužna trajno objaviti na javnoj internetskoj bazi sveučilišne knjižnice u sastavu sveučilišta te kopirati u javnu internetsku bazu završnih/diplomskih radova Nacionalne i sveučilišne knjižnice. Završni radovi istovrsnih umjetničkih studija koji se realiziraju kroz umjetnička ostvarenja objavljuju se na odgovarajući način.

Ja, Tanja Trabe Baranašić (*ime i prezime*) neopozivo izjavljujem da sam suglasan/na s javnom objavom diplomskog (obrisati nepotrebno) rada pod naslovom Analiza unosa opterećenja u akumulacijsko jezero HE Čakovec na lokaciji kišnog rasterećenja UPOV-a Varaždin čiji sam autor/ica.

Student/ica:  
(*upisati ime i prezime*)  
Tanja Trabe Baranašić  
  
(vlastoručni potpis)

## 7. LITERATURA


- [1] Hidroinženjering d.o.o., Dvokut ECRO d.o.o. (2017): „Studija izvedivosti Sustava odvodnje i pročišćavanja otpadnih voda aglomeracije Varaždin“.
- [2] Građevinski fakultet Sveučilišta u Zagrebu (2014): „Studija - Matematički hidraulički model sustava javne odvodnje aglomeracije Varaždin“, Zagreb.
- [3] Varkom d.d. (2016): „Dokumentacija za nadmetanje“, Knjiga 3 (Zahtjevi naručitelja), Varaždin.
- [4] Prostor d.o.o. (2014): „Idejni projekt stanice preljevskih oborinskih voda“, Bjelovar.
- [5] Bioinstitut d.o.o. (2017; 2018; 2019): „Izvješće o ispitivanju kakvoće površinskih i podzemnih voda Hidroelektrane Čakovec u 2017.; 2018.; 2019. godini“, Čakovec.
- [6] Zakon o vodama, Narodne novine 66/2019, (2019).
- [7] Pravilnik o graničnim vrijednostima emisija otpadnih voda, Narodne novine 26/20., (2020)
- [8] Uredba o standardu kakvoće vode, Narodne novine 96/2019, (2019).
- [9] Plan upravljanja vodnim područjima 2016.-2021., Narodne novine br. 66, (2016).
- [10] Hrvatske vode (2018): „Metodologija primjene kombiniranog pristupa“, Zagreb.
- [11] Margeta, J. (2011): „Kontrola negativnih utjecaja preljevskih voda kanalizacije“, Stručni časopis Građevinar, 63 (2011) 7, 651-660, 2011.
- [12] Varkom d.d. (2019): „Izvješće laboratorija za otpadne vode za 2018. godinu“, Varaždin. Preuzeto 25.08.2020. s: <https://www.varkom.hr/stranica/kvaliteta-otpadnih-voda>
- [13] Storm water management EPA SWMM 18.02.2020. (verzija 5.1.014.)  
Preuzeto 10.05.2020. s: <https://www.epa.gov/water-research/storm-water-management-model-swmm>
- [14] QGIS aplikacija - Open Source Geographic Information System (GIS)  
Preuzeto 01.09.2020. s: <https://qgis.org/en/site/forusers/download.html>


## PRILOZI

### Prilog 1:

Zahtjev za pristup informacijama (karakteristike i stanja vodnih tijela) upućen HV

#### ZAHTJEV ZA PRISTUP INFORMACIJAMA

<b>Podnositelj zahtjeva (ime i prezime / naziv, adresa / sjedište, telefon i/ili e-pošta)</b>	
Tanja Trabe Baranašić Melinska 31, Palovec, 40321 Mala Subotica, Hrvatska Mob: +385 (0)91 183 90 23 Email: <a href="mailto:tatrabebaranasic@unin.hr">tatrabebaranasic@unin.hr</a>	
HRVATSKE VODE - 374	
Primljeno: 13.08.2020. 10:20:59	
Klasifikacijska oznaka	Org. jed
008-02/20-02/0000530	374-1-3
Urudžbeni broj	Prilog
15-20-1	
 075418867	
<b>Naziv tijela javne vlasti / sjedište i adresa</b>	
Hrvatske vode Ulica Grada Vukovara 220 10000 Zagreb	
<b>Informacija koja se traži</b>	
Izvod iz Plana upravljanja vodnim područjima – Varaždinska županija, Međimurska županija - Akumulacijsko jezero HE Čakovec, Desni drenažni jarak HE Čakovca, Staro korito rijeke Drave iza brane HE Čakovec	
U svrhu izrade diplomskog rada sa Sveučilišta Sjever, pod nazivom „Analiza unosa opterećenja u akumulacijsko jezero HE Čakovec na lokaciji kišnog rasterećenja ispred UPOV-a Varaždin“ iz kolegija Zaštita i pročišćavanje voda, a pod mentorstvom doc.dr.sc. Domagoja Nakića tražimo sljedeće podatke:	
<ul style="list-style-type: none"><li>• Karakteristike vodnih tijela na području obuhvata planiranog projekta;</li><li>• Pregled stanja vodnih tijela i to površinskih, podzemnih vodnih tijela na području obuhvata planiranog projekta;</li><li>• Izvod iz baze podataka s vodnim tijelima na području obuhvata planiranog projekta, (shp ili geodatabase format).</li></ul>	
Navedeni podaci potrebni su isključivo za izradu diplomskog rada.	
<b>Način pristupa informaciji (označiti)</b>	
<input type="checkbox"/> neposredan pristup informaciji, <input type="checkbox"/> pristup informaciji pisanim putem <input type="checkbox"/> uvid u dokumente i izrada preslika dokumenata koji sadrže traženu informaciju, <input type="checkbox"/> dostavljanje preslika dokumenata koji sadrži traženu informaciju, <input checked="" type="checkbox"/> na drugi prikladan način (elektronskim putem ili drugo) Elektronskim putem	

  
(vlastoručni potpis podnositelja zahtjeva)

10.08.2020.  
(mjesto i datum)

*Napomena: Tijelo javne vlasti ima pravo na naknadu stvarnih materijalnih troškova od podnositelja zahtjeva u svezi s pružanjem i dostavom tražene informacije.*

**Prilog – Obuhvat planiranog projekata, Prijava diplomskog rada**





## Prilog 2:

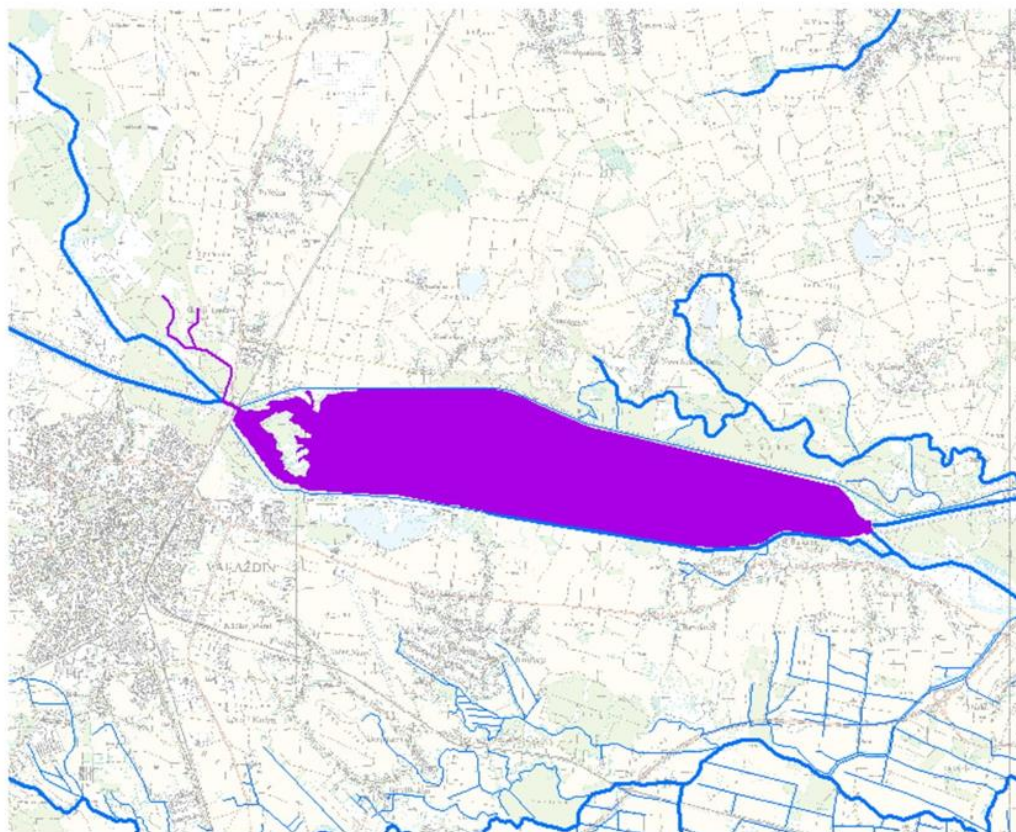
### Odgovor HV na predani Zahtjev za pristup informacijama

Plan upravljanja vodnim područjima 2016.-2021.

Izvadak iz Registra vodnih tijela

#### Vodno tijelo CDRN0002\_017, Drava

OPĆI PODACI VODNOG TIJELA CDRN0002_017	
Šifra vodnog tijela:	CDRN0002_017
Naziv vodnog tijela	Drava
Kategorija vodnog tijela	Tekućica / River
Ekotip	Nizinske vrlo velike tekućice-donji tok Mure i srednji tok Drave i Save (5B)
Dužina vodnog tijela	9.21 km + 2.67 km
Izmjenjenost	Izmjenjeno (changed/altered)
Vodno područje:	rijeka Dunav
Podsliv:	rijeka Drave i Dunava
Ekoregija:	Panonska
Države	Nacionalno (HR)
Obaveza izvješćivanja	EU, ICPDR
Tijela podzemne vode	CDGI-18, CDGI-19
Zaštićena područja	HR1000013, HR53010002, HR2001307, HRNVZ_42010006, HRNVZ_42010012*, HR3493049*, HRCM_41033000* (* - dio vodnog tijela)
Mjerne postaje kakvoće	25066 (Varaždin, Drava) 29150 (Varaždin, Drava)

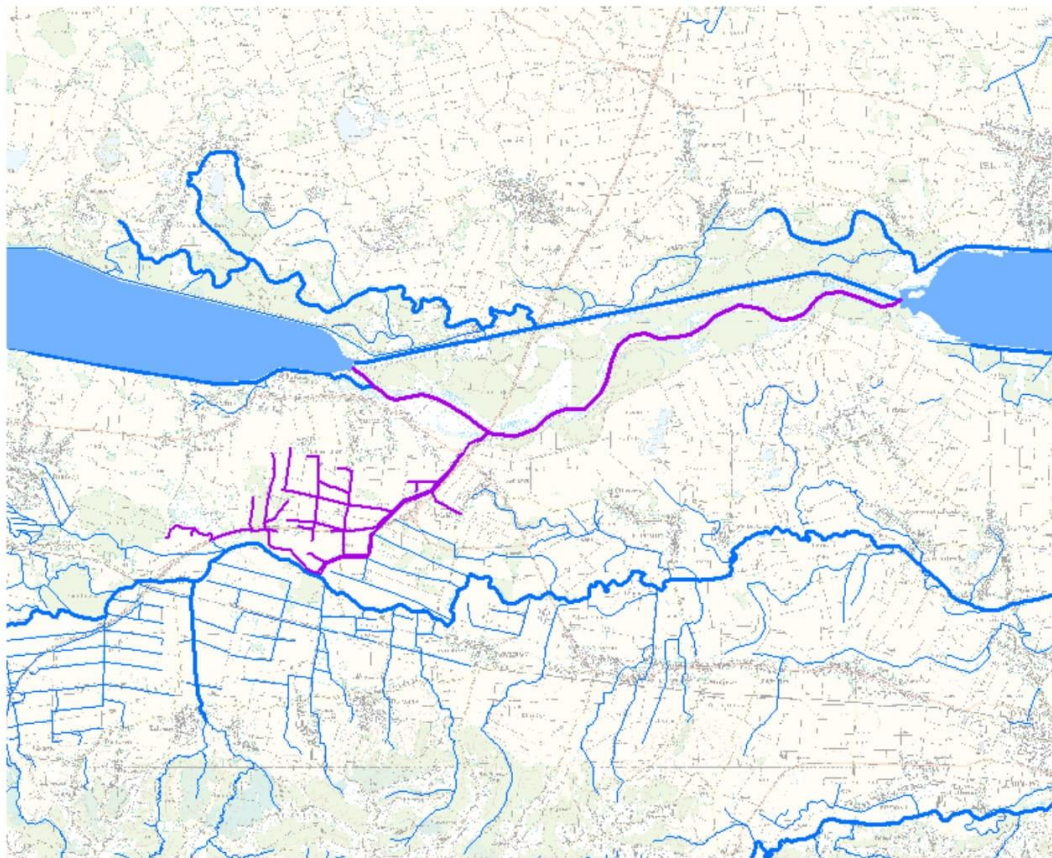


STANJE VODNOG TIJELA CDRN0002_017					
PARAMETAR	UREDBA NN 73/2013*	ANALIZA OPTEREĆENJA I UTJECAJA			
		STANJE	2021.	NAKON 2021.	POSTIZANJE CILJEVA OKOLIŠA
Stanje, konačno	loše	vrlo loše	vrlo loše	vrlo loše	ne postiže ciljeve
Ekološko stanje	loše	vrlo loše	vrlo loše	vrlo loše	ne postiže ciljeve
Kemijsko stanje	dobro stanje	dobro stanje	dobro stanje	dobro stanje	postiže ciljeve
Ekološko stanje	loše	vrlo loše	vrlo loše	vrlo loše	ne postiže ciljeve
Biološki elementi kakvoće	loše	loše	nema ocjene	nema ocjene	nema procjene
Fizikalno kemijski pokazatelji	vrlo dobro	vrlo dobro	vrlo dobro	vrlo dobro	postiže ciljeve
Specifične onečišćujuće tvari	vrlo dobro	vrlo dobro	vrlo dobro	vrlo dobro	postiže ciljeve
Hidromorfološki elementi	dobro	vrlo loše	vrlo loše	vrlo loše	ne postiže ciljeve
Biološki elementi kakvoće	loše	loše	nema ocjene	nema ocjene	nema procjene
Fitobentos	umjereno	umjereno	nema ocjene	nema ocjene	nema procjene
Makrozoobentos	loše	loše	nema ocjene	nema ocjene	nema procjene
Fizikalno kemijski pokazatelji	vrlo dobro	vrlo dobro	vrlo dobro	vrlo dobro	postiže ciljeve
BPK5	vrlo dobro	vrlo dobro	vrlo dobro	vrlo dobro	postiže ciljeve
Ukupni dušik	vrlo dobro	vrlo dobro	vrlo dobro	vrlo dobro	postiže ciljeve
Ukupni fosfor	vrlo dobro	vrlo dobro	vrlo dobro	vrlo dobro	postiže ciljeve
Specifične onečišćujuće tvari	vrlo dobro	vrlo dobro	vrlo dobro	vrlo dobro	postiže ciljeve
arsen	vrlo dobro	vrlo dobro	vrlo dobro	vrlo dobro	postiže ciljeve
bakar	vrlo dobro	vrlo dobro	vrlo dobro	vrlo dobro	postiže ciljeve
cink	vrlo dobro	vrlo dobro	vrlo dobro	vrlo dobro	postiže ciljeve
krom	vrlo dobro	vrlo dobro	vrlo dobro	vrlo dobro	postiže ciljeve
fluoridi	vrlo dobro	vrlo dobro	vrlo dobro	vrlo dobro	postiže ciljeve
adsorbilni organski halogeni (AOX)	vrlo dobro	vrlo dobro	vrlo dobro	vrlo dobro	postiže ciljeve
poliklorirani bifenili (PCB)	vrlo dobro	vrlo dobro	vrlo dobro	vrlo dobro	postiže ciljeve
Hidromorfološki elementi	dobro	vrlo loše	vrlo loše	vrlo loše	ne postiže ciljeve
Hidrološki režim	vrlo loše	vrlo loše	vrlo loše	vrlo loše	ne postiže ciljeve
Kontinuitet toka	vrlo loše	vrlo loše	vrlo loše	vrlo loše	ne postiže ciljeve
Morfološki uvjeti	vrlo loše	vrlo loše	vrlo loše	vrlo loše	ne postiže ciljeve
Indeks korištenja (ikv)	vrlo dobro	vrlo dobro	vrlo dobro	vrlo dobro	postiže ciljeve
Kemijsko stanje	dobro stanje	dobro stanje	dobro stanje	dobro stanje	postiže ciljeve
Klorfenvinfos	dobro stanje	dobro stanje	nema ocjene	nema ocjene	nema procjene
Klorpirifos (klorpirifos-etil)	dobro stanje	dobro stanje	nema ocjene	nema ocjene	nema procjene
Diuron	dobro stanje	dobro stanje	nema ocjene	nema ocjene	nema procjene
Izoproturon	dobro stanje	dobro stanje	nema ocjene	nema ocjene	nema procjene

NAPOMENA:  
 Određeno kao izmjenjeno vodno tijelo prema analizi opterećenja i utjecaja - Nepouzdana ocjena hidromorfoloških elemenata zbog nedostatka referentnih uvjeta i klasifikacijskog sustava  
 NEMA OCJENE: Fitoplankton, Makrofiti, Ribe, pH, KPK-Mn, Amonij, Nitrati, Ortofosfati, Pentabromdifenileter, C10-13 Kloroalkani, Tributilkositrovi spojevi, Trifluralin  
 DOBRO STANJE: Alaklor, Antracen, Atrazin, Benzen, Kadmijski spojevi, Tetraklorugljik, Ciklodienski pesticidi, DDT ukupni, para-para-DDT, 1,2-Dikloretan, Diklormetan, Di(2-etilheksil)ftalat (DEHP), Endosulfan, Fluoranten, Heksaklorbenzen, Heksaklorbutadien, Heksaklorcikloheksan, Olovo i njegovi spojevi, Živa i njezini spojevi, Naftalen, Nikal i njegovi spojevi, Nonilfenol, Oktifenol, Pentaklorbenzen, Pentaklorfenol, Benzo(a)piren, Benzo(b)fluoranten; Benzo(k)fluoranten, Benzo(g,h,i)perilen; Ideno(1,2,3-cd)piren, Simazin, Tetrakloretilen, Trikloretilen, Triklorbenzeni (svi izomeri), Triklormetan  
 \*prema dostupnim podacima

### Vodno tijelo CDRN0002\_016, Drava

OPĆI PODACI VODNOG TIJELA CDRN0002_016	
Šifra vodnog tijela:	CDRN0002_016
Naziv vodnog tijela	Drava
Kategorija vodnog tijela	Tekućica / River
Ekotip	Nizinske vrlo velike tekućice-donji tok Mure i srednji tok Drave i Save (5B)
Dužina vodnog tijela	10.4 km + 22.3 km
Izmjenjenost	Prirodno (natural)
Vodno područje:	rijeka Dunav
Podsliv:	rijeka Drave i Dunava
Ekoregija:	Panonska
Države	Nacionalno (HR)
Obaveza izvješćivanja	EU, ICPDR
Tijela podzemne vode	CDGI-18, CDGI-19
Zaštićena područja	HR1000013, HR53010002*, HR2001307*, HRNVZ_42010007*, HRNVZ_42010012*, HR3493049*, HRCM_41033000* (* - dio vodnog tijela)
Mjerne postaje kakvoće	29151 (nizvodno od Varaždina, Drava)



0 2 4 6 8 10 km



Plan upravljanja vodnim područjima 2016.-2021.

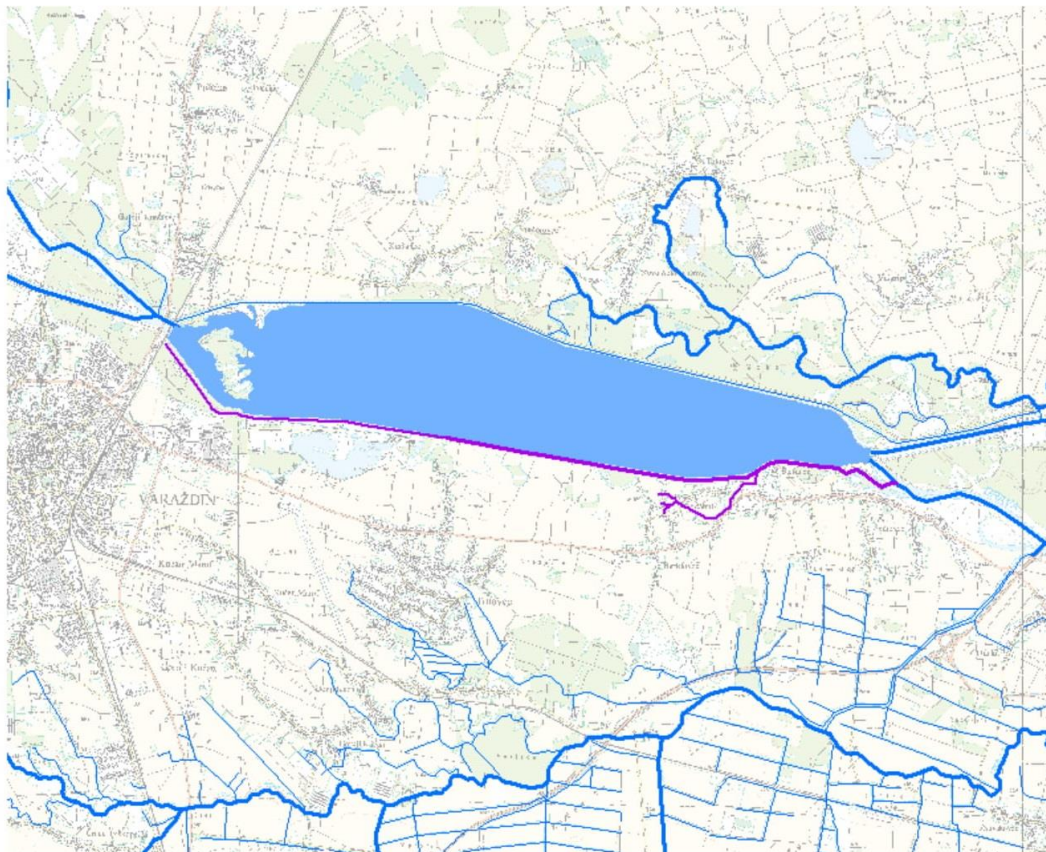
Izvadak iz Registra vodnih tijela

STANJE VODNOG TIJELA CDRN002_016					
PARAMETAR	UREDBA NN 73/2013*	ANALIZA OPTEREĆENJA I UTJECAJA			
		STANJE	2021.	NAKON 2021.	POSTIZANJE CILJEVA OKOLIŠA
Stanje, konačno	dobro	vrlo loše	vrlo loše	vrlo loše	ne postiže ciljeve
Ekolosko stanje	dobro	vrlo loše	vrlo loše	vrlo loše	ne postiže ciljeve
Kemijsko stanje	dobro stanje	dobro stanje	dobro stanje	dobro stanje	postiče ciljeve
Ekolosko stanje	dobro	vrlo loše	vrlo loše	vrlo loše	ne postiže ciljeve
Fizikalno kemijski pokazatelji	dobro	dobro	dobro	dobro	postiče ciljeve
Specifične onečišćujuće tvari	vrlo dobro	vrlo dobro	vrlo dobro	vrlo dobro	postiče ciljeve
Hidromorfološki elementi	dobro	vrlo loše	vrlo loše	vrlo loše	ne postiže ciljeve
Biološki elementi kakvoće	nema ocjene	nema ocjene	nema ocjene	nema ocjene	nema procjene
Fizikalno kemijski pokazatelji	dobro	dobro	dobro	dobro	postiče ciljeve
BPK5	dobro	dobro	dobro	dobro	postiče ciljeve
Ukupni dušik	dobro	dobro	dobro	dobro	postiče ciljeve
Ukupni fosfor	dobro	dobro	dobro	dobro	postiče ciljeve
Specifične onečišćujuće tvari	vrlo dobro	vrlo dobro	vrlo dobro	vrlo dobro	postiče ciljeve
arsen	vrlo dobro	vrlo dobro	vrlo dobro	vrlo dobro	postiče ciljeve
bakar	vrlo dobro	vrlo dobro	vrlo dobro	vrlo dobro	postiče ciljeve
cink	vrlo dobro	vrlo dobro	vrlo dobro	vrlo dobro	postiče ciljeve
krom	vrlo dobro	vrlo dobro	vrlo dobro	vrlo dobro	postiče ciljeve
fluoridi	vrlo dobro	vrlo dobro	vrlo dobro	vrlo dobro	postiče ciljeve
adsorbilni organski halogeni (AOX)	vrlo dobro	vrlo dobro	vrlo dobro	vrlo dobro	postiče ciljeve
poliklorirani bifenili (PCB)	vrlo dobro	vrlo dobro	vrlo dobro	vrlo dobro	postiče ciljeve
Hidromorfološki elementi	dobro	vrlo loše	vrlo loše	vrlo loše	ne postiže ciljeve
Hidrološki režim	dobro	dobro	dobro	dobro	postiče ciljeve
Kontinuitet toka	vrlo dobro	vrlo dobro	vrlo dobro	vrlo dobro	postiče ciljeve
Morfološki uvjeti	dobro	dobro	dobro	dobro	postiče ciljeve
Indeks korištenja (ikv)	vrlo loše	vrlo loše	vrlo loše	vrlo loše	ne postiže ciljeve
Kemijsko stanje	dobro stanje	dobro stanje	dobro stanje	dobro stanje	postiče ciljeve
Klorfeninfos	dobro stanje	dobro stanje	nema ocjene	nema ocjene	nema procjene
Klorpirifos (klorpirifos-etil)	dobro stanje	dobro stanje	nema ocjene	nema ocjene	nema procjene
Diuron	dobro stanje	dobro stanje	nema ocjene	nema ocjene	nema procjene
Izoproturon	dobro stanje	dobro stanje	nema ocjene	nema ocjene	nema procjene

NAPOMENA:  
 NEMA OCJENE: Biološki elementi kakvoće, Fitoplankton, Fitobentos, Makrofiti, Makrozoobentos, Ribe, pH, KPK-Mn, Amonij, Nitrati, Ortofosfati, Pentabromdifenileter, C10-13 Kloroalkani, Tributilkositrovi spojevi, Trifluralin  
 DOBRO STANJE: Alaklor, Antracen, Atrazin, Benzen, Kadmij i njegovi spojevi, Tetrakloroglijik, Ciklodienski pesticidi, DDT ukupni, para-para-DDT, 1,2-Dikloreten, Diklormetan, Di(2-etilheksil)ftalat (DEHP), Endosulfan, Fluoranten, Heksaklorbenzen, Heksaklorbutadien, Heksaklorcikloheksan, Olovo i njegovi spojevi, Živa i njezini spojevi, Naftalen, Nikal i njegovi spojevi, Nonilfenol, Oktilfenol, Pentaklorbenzen, Pentaklorfenol, Benzo(a)piren, Benzo(b)fluoranten; Benzo(k)fluoranten, Benzo(g,h,i)perilen; Ideno(1,2,3-cd)piren, Simazin, Tetrakloretilen, Trikloretalen, Triklorbenzeni (svi izomeri), Triklormetan  
 \*prema dostupnim podacima

### Vodno tijelo CDRN0249\_001, D.obodni kanal HE Čakovec

OPĆI PODACI VODNOG TIJELA CDRN0249_001	
Šifra vodnog tijela:	CDRN0249_001
Naziv vodnog tijela	D.obodni kanal HE Čakovec
Kategorija vodnog tijela	Tekućica / River
Ekotip	Nizinske vrlo velike tekućice-donji tok Mure i srednji tok Drave i Save (5B)
Dužina vodnog tijela	5.72 km + 5.92 km
Izmjenjenost	Izmjenjeno (changed/alterred)
Vodno područje:	rijeka Dunav
Podsliv:	rijeka Drave i Dunava
Ekoregija:	Panonska
Države	Nacionalno (HR)
Obaveza izvješćivanja	EU
Tijela podzemne vode	CDGI-19
Zaštićena područja	HR1000013, HR2001307*, HRNVZ_42010012*, HR3493049*, HRCM_41033000* (* - dio vodnog tijela)
Mjerne postaje kakvoće	



STANJE VODNOG TIJELA CDRN0249_001					
PARAMETAR	UREDBA NN 73/2013*	ANALIZA OPTEREĆENJA I UTJECAJA			
		STANJE	2021.	NAKON 2021.	POSTIZANJE CILJEVA OKOLIŠA
Stanje, konačno	umjereno	vrlo loše	vrlo loše	vrlo loše	ne postiže ciljeve
Ekološko stanje	umjereno	vrlo loše	vrlo loše	vrlo loše	ne postiže ciljeve
Kemijsko stanje	nije dobro	nije dobro	nije dobro	nije dobro	ne postiže ciljeve
Ekološko stanje	umjereno	vrlo loše	vrlo loše	vrlo loše	ne postiže ciljeve
Fizikalno kemijski pokazatelji	umjereno	vrlo loše	vrlo loše	vrlo loše	ne postiže ciljeve
Specifične onečišćujuće tvari	dobro	vrlo loše	vrlo loše	vrlo loše	ne postiže ciljeve
Hidromorfološki elementi	nema ocjene	nema ocjene	nema ocjene	nema ocjene	nema procjene
Biološki elementi kakvoće	nema ocjene	nema ocjene	nema ocjene	nema ocjene	nema procjene
Fizikalno kemijski pokazatelji	umjereno	vrlo loše	vrlo loše	vrlo loše	ne postiže ciljeve
BPK5	vrlo loše	vrlo loše	vrlo loše	vrlo loše	ne postiže ciljeve
Ukupni dušik	vrlo loše	vrlo loše	vrlo loše	vrlo loše	ne postiže ciljeve
Ukupni fosfor	vrlo loše	vrlo loše	vrlo loše	vrlo loše	ne postiže ciljeve
Specifične onečišćujuće tvari	umjereno	vrlo loše	vrlo loše	vrlo loše	ne postiže ciljeve
arsen	vrlo dobro	vrlo dobro	vrlo dobro	vrlo dobro	postiže ciljeve
bakar	vrlo loše	vrlo loše	vrlo loše	vrlo loše	ne postiže ciljeve
čink	vrlo loše	vrlo loše	vrlo loše	vrlo loše	ne postiže ciljeve
krom	vrlo dobro	vrlo dobro	vrlo dobro	vrlo dobro	postiže ciljeve
fluoridi	vrlo dobro	vrlo dobro	vrlo dobro	vrlo dobro	postiže ciljeve
adsorbilni organski halogeni (AOX)	vrlo loše	vrlo loše	vrlo loše	vrlo loše	ne postiže ciljeve
poliklorirani bifenili (PCB)	vrlo dobro	vrlo dobro	vrlo dobro	vrlo dobro	postiže ciljeve
Hidromorfološki elementi	dobro	vrlo loše	vrlo loše	vrlo loše	ne postiže ciljeve
Hidrološki režim	vrlo loše	vrlo loše	vrlo loše	vrlo loše	ne postiže ciljeve
Kontinuitet toka	umjereno	umjereno	umjereno	umjereno	ne postiže ciljeve
Morfološki uvjeti	vrlo loše	vrlo loše	vrlo loše	vrlo loše	ne postiže ciljeve
Indeks korištenja (ikv)	vrlo dobro	vrlo dobro	vrlo dobro	vrlo dobro	postiže ciljeve
Kemijsko stanje	nije dobro	nije dobro	nije dobro	nije dobro	ne postiže ciljeve
Antracen	nije dobro	nije dobro	nije dobro	nije dobro	procjena nije pouzdana
Klorfeninfos	dobro stanje	dobro stanje	nema ocjene	nema ocjene	nema procjene
Klorpirifos (klorpirifos-etil)	dobro stanje	dobro stanje	nema ocjene	nema ocjene	nema procjene
Diuron	dobro stanje	dobro stanje	nema ocjene	nema ocjene	nema procjene
Fluoranten	nije dobro	nije dobro	nije dobro	nije dobro	ne postiže ciljeve
Izoproturon	dobro stanje	dobro stanje	nema ocjene	nema ocjene	nema procjene
Olovo i njegovi spojevi	nije dobro	nije dobro	nije dobro	nije dobro	ne postiže ciljeve
Živa i njezini spojevi	nije dobro	nije dobro	nije dobro	nije dobro	ne postiže ciljeve
Nikal i njegovi spojevi	nije dobro	nije dobro	nije dobro	nije dobro	ne postiže ciljeve

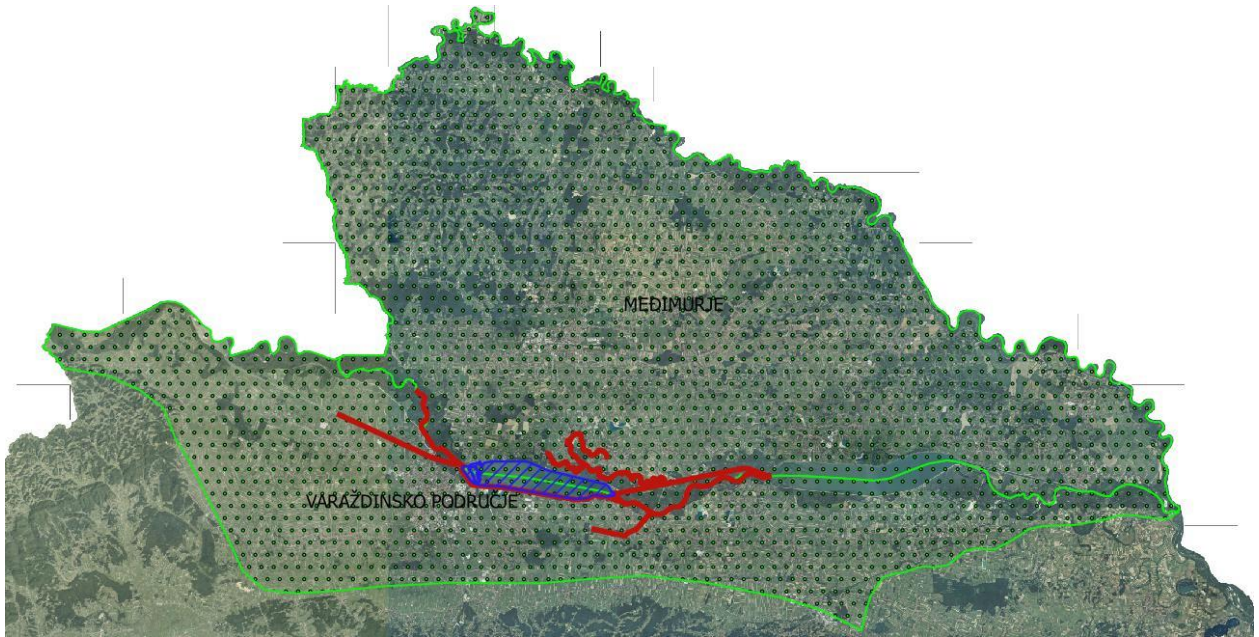
NAPOMENA:  
Određeno kao izmjenjeno vodno tijelo prema analizi opterećenja i utjecaja - Nepouzdana ocjena hidromorfoloških elemenata zbog nedostatka referentnih uvjeta i klasifikacijskog sustava  
NEMA OCJENE: Biološki elementi kakvoće, Fitoplankton, Fitobentos, Makrofiti, Makrozoobentos, Ribe, pH, KPK-Mn, Amonij, Nitrati, Ortofosfati, Pentabromdifenileter, C10-13 Kloroalkani, Tributilkositrovi spojevi, Trifluralin  
DOBRO STANJE: Alaklor, Atrazin, Benzen, Kadmij i njegovi spojevi, Tetrakloruglijk, Ciklodienski pesticidi, DDT ukupni, para-para-DDT, 1,2-Dikloretan, Diklormetan, Di(2-etilheksil)ftalat (DEHP), Endosulfan, Heksaklorbenzen, Heksaklorbutadien, Heksaklorcikloheksan, Naftalen, Nonilfenol, Oktilfenol, Pentaklorbenzen, Pentaklorfenol, Benzo(a)piren, Benzo(b)fluoranten; Benzo(k)fluoranten, Benzo(g,h,i)perilen; Ideno(1,2,3-cd)piren, Simazin, Tetrakloretilen, Trikloretlen, Triklorbenzeni (svi izomeri), Triklormetan  
\*prema dostupnim podacima

### Stanje tijela podzemne vode CDGI\_18 – MEĐIMURJE

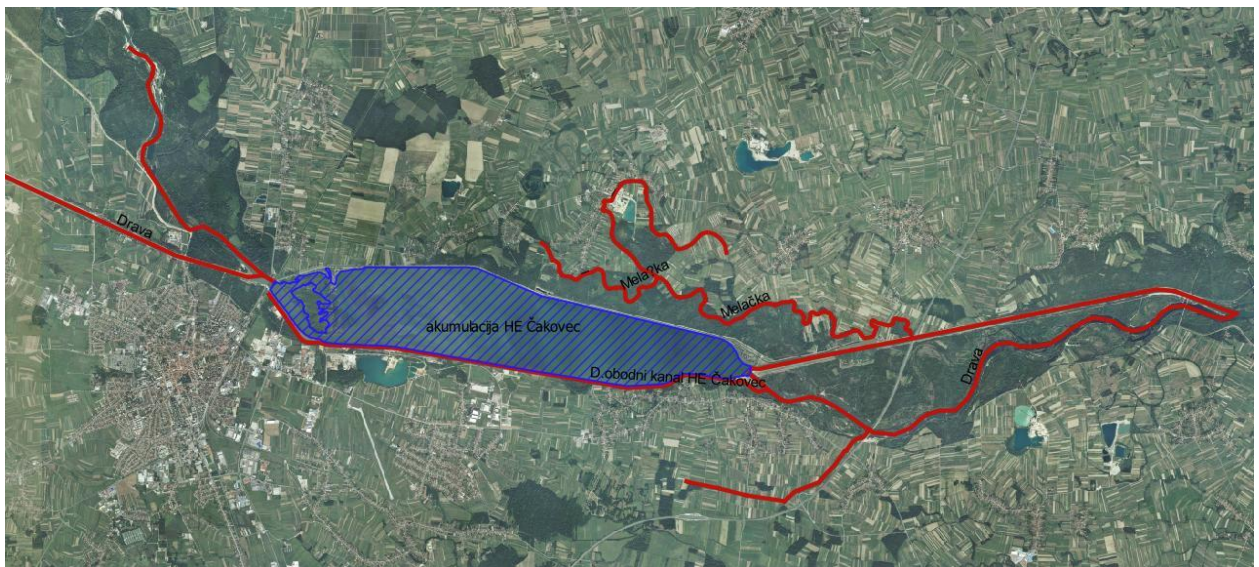
Stanje	Procjena stanja
Kemijsko stanje	dobro
Količinsko stanje	dobro
Ukupno stanje	dobro

### Stanje tijela podzemne vode CDGI\_19 – VARAŽDINSKO PODRUČJE

Stanje	Procjena stanja
Kemijsko stanje	loše
Količinsko stanje	dobro
Ukupno stanje	loše



*Prikaz vodnih tijela na analiziranom području preklapljeno na DOF-u*



*Prikaz vodnih tijela na analiziranom području preklapljeno na DOF-u*