

ИНЦИДЕНТНЕ СИТУАЦИЈЕ И ЕФИКАСНОСТ ПРЕЧИШЋАВАЊА ОТПАДНИХ ВОДА НА ППОВ КРУШЕВАЦ

INCIDENT SITUATIONS AND EFFICIENCY OF WASTE WATER TREATMENT AT WASTEWATER TREATMENT PLANT IN THE CITY OF KRUSHEVAC

ДРАГАНА ГРАНДИЋ-АЛЕКСИЋ¹

Стручни рад

DOI: 10.5937/VIK24433A

Резиме: Индустијске отпадне воде су један од највећих еколошких изазова савременог доба. Са растом и развојем индустрије широм света, повећава се и притисак на наше водне ресурсе и екосистеме. Ове воде, као нуспроизвод индустријских процеса, често садрже штетне материје попут хемикалија, тешких метала и органских супстанци, што може имати озбиљне последице по животну средину и здравље људи. Ефикасан предtretман и пречишћавање индустријских отпадних вода, пре упуштања у систем јавне канализације или у реципијенте, више није само еколошка одговорност, већ и Законска обавеза свих индустријских и јавних субјеката. Строге законске регулативе постављају јасне лимите на емисије и загађења, штитећи водне ресурсе и екосистеме. Захваљујући савременим технолошким третманима, на ППОВ-а града Крушевца, који укључује физичко-хемијско и биолошко пречишћавање отпадних вода са активним муљем, и анаеробном дигестијом, расте и ефикасност пречишћавања ефлуента а самим тим и реципијента Западне Мораве.

Кључне речи: индустријске отпадне воде, еколошка одговорност, екосистем, савремена технологија, ефикасност пречишћавања

Abstract: Industrial wastewater is one of the biggest environmental challenges of modern age. With the growth and development of industry around the world, the pressure on our water resources and ecosystems is also increasing. These waters, as a by-product of industrial processes, often contain harmful substances such as chemicals, heavy metals and organic substances, which can have serious consequences for the environment and human health. Effective pretreatment and purification of industrial wastewater, before entering the public sewage system or into recipients, is no longer only an environmental responsibility,

¹ Драгана Грандић-Алексић, ЈКП „Водовод Крушевац“, Душанова 46, Крушевац, grandicaleksicdragana@gmail.com, ORCID: 0009-0009-5342-6869

but also a legal obligation of all industrial and public entities. Strict legal regulations set clear limits on emissions and pollution, protecting water resources and ecosystems. Thanks to modern technological treatments, the efficiency of the WWTP of the town of Kruševac, which includes physical, chemical and biological purification of waste water with activated sludge and anaerobic digestion, is increasing. purification of effluents and thus the recipient of Zapadna Morava river.

Key Word: industrial wastewater, environmental responsibility, ecosystem, modern technology, purification efficiency

1. Увод

У оквиру отвореног програма Немачке финансијске сарадње са Републиком Србијом, KfW Развојна банка је реализовала циљ Пројекта прикупљања, одвођења и пречишћавања отпадних вода града Крушевца, по социјално прихватљивим тарифама које покривају трошкове. Циљ је и да се побољша пружање услуга грађанима у области заштите животне средине усклађене са законодавством ЕУ. Постројење за пречишћавање отпадних вода обухвата примарни, секундарни и терцијални третман: механичко, физичко хемијско и биолошко пречишћавање са активним муљем на линији воде, анаеробном дигестијом примарног и вишка муља уз продукцију биогаса, који као погонско гориво СНР когенератора служи за добијање електричне и топлотне енергије често са уштедом електричне енергије и до 70% на линији муља. Обезводњени муљ (муљни колач са 22% С.М.) се соларним сушењем доводи у облик лигнита са 95% С.М.и спаљује се у цементари. Пројектни период постројења је до 2035. године, капацитета 90000 ЕС, са средњим дневним протоком при сувом времену 21.210 m³/д. (слика 1).



Слика 1. Постројење за пречишћавање отпадних вода
Figure 1. Wastewater Treatment Plant

За период од четири и по године, постројење је пречистило 30.410.530 m³ инфлуента, односно 32.023.764 m³ ефлуента, који се у оквиру законских граничних вредности упуштао у реципијент Западну Мораву. Од 133 инцидентне ситуације, које смо детектовали на постројењу, 88 узорака је било ван оквира законских граничних вредности из разних индустријских субјеката (хемијске, прехранбене, металопрерађивачке, текстилне и друге гране индустрије), са неорганским и биолошким теже и лакше разградивим материјама.

У већини случајева, ефикасност пречишћавања је одговарала законским оквирима, захваљујући терцијалном третману, али често се дешава да нагли прилив индустријских отпадних вода оставља далеко веће последице по микрофлору у биоаерацијским базенима чиме директно угрожава процесе нитрификације и денитрификације.

2. Циљ рада

Циљ рада је подићи ниво еколошке свести и одговорности компанија, инвестирањем у постројења за пречишћавање отпадних вода која истовремено представља испуњавање законом прописаних обавеза и роковима за постизање граничних вредности пре упуштања у систем јавне канализације или реципијент. Главни изазов јесте пројектовање и изградња поузданог система прилагођеног специфичним потребама и буџету компаније, као и стручна подршка у периоду експлоатације.

Индустријске отпадне воде

Отпадне воде су све воде које након употребе постају хемијски или биолошки измењене или загађене. Отпадне воде садрже у себи хемијске и/или биолошке загађиваче и настају као нуспродукт активности из домаћинства, индустрије, пољопривредних активности или површинског сливања атмосферских падавина. Карактеристике отпадних вода варирају у зависности од извора загађења. Око 80% отпадних вода на светском нивоу враћа се у екосистем без третмана или поновне употребе.

Према садржају отпадних материја отпадне воде делимо у четири групе:

I група: Отпадне воде ове групе карактеришу неорганске материје у раствореном и нераствореном облику које поседују специфичне токсичне особине: арсен, бакар, олово, и друге тешке метале, оксиде и хидроксиде метала, сумпор водоник и друга једињења сумпора, соли.

II група: Токсично дејство ове воде је мање од претходне групе и карактеришу га загађујуће суспендоване материје и ситне честице минерала.

III група: Органске материје које садржи ова група отпадних вода нема специфично токсично дејство. Њихово негативно дејство огледа се кроз трошење велике количине кисеоника за оксидацију и дефицит кисеоника у реципијенту.

IV група: Отпадне воде које садрже органске примесе са специфичним токсичним дејством. У њима се могу наћи: феноли, смоле, боје, алкохоли, алдехиди, деривати нафте, једињења сумпора, киселине, базе, органске и неорганске соли и друго. Иако слично делују као прва група, њихово дејство је јаче изражено јер се многе супстанце које улазе у њихов састав споро минерализују.



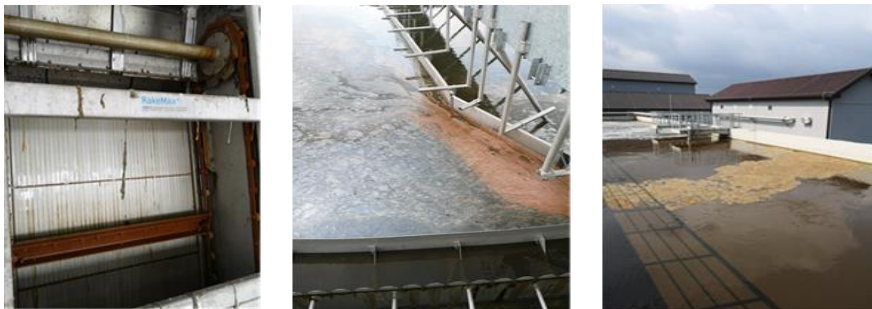
Слика 2. Индустрijske отпадне воде (металоперађивачка грана) у примарном таложнику

Figure 2. Industrial wastewater (metal processing branch) in the primary sedimentation tank

На сликама 2, 3 и 4 види се пример I групе отпадних вода из металоперађивачке индустрије са примесама огромне количине пене, која указује на чишћење и дезинфекцију погона.

Прилив индустријске отпадне воде кроз систем јавне канализације је извршио корозију челика (соли бакра, олова, никла и калаја) на грубим решеткама – (механички третман), направио дисбаланс између присутног угљеника у односу на азот што додатно утиче на процесе нитрификације и денитрификације у комбинованој зони (аерационо/аноксичног) процеса биоаерацијског базена.

Слика 4. показује изглед примарног таложника након инцидента и 24 h композитне узорке из аутосемплера инфлуента, примарног таложника и ефлуента.



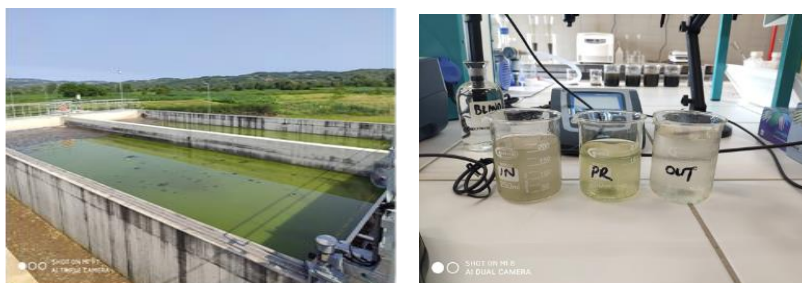
Слика 3. Грубе решетке, финални таложник и биоаерацијски базен након инцидентне ситуације

Figure 3. Coarse grids, final sedimentation tank and bioaeration tank after an incident situation



Слика 4. Примарни таложник и 24h композитни узорци инфлуента, примарног таложника и ефлуента

Figure 4. Primary sedimentation tank and 24h composite samples of influent, primary tank and effluent



Слика 5. Примарни таложник и 24h композитни узорци инфлуента, примарног таложника и ефлуента

Figure 5. Primary sedimentation tank and 24h composite samples of influent, primary tank and effluent

Нагли прилив индустријске отпадне воде IV групе са зеленим обојењем у примарном таложнику може се видети на слици 5, као и композитни узорци улазне и пречишћене отпадне воде. Слична инцидентна ситуација се дешавала данима за редом 2020. године, са различитим обојењима из прехранбене и хемијске гране индустрије (слика 6).



Слика 6. Различита обојења инцидентних узорака из прехранбене и хемијске гране индустрије

Figure 6. Different colors of incident samples from the food and chemical branch



Слика 7. Инцидентни узорци из прехранбене, пољопривредне и грађевинске индустрије

Figure 7. Incidental samples from the food, agricultural and construction industry

Нагли приливи грађевинског материјала, (дрво, камен, песак, шљунак, глина) на слици 7 директно утичу на механичка оштећења улазних пумпи, грубих и финих решетки, чешћих застоја у раду свих пумпи песколова са масловом (велика количина песка) и муљних пумпи из примарног таложника, што угрожава механичко пречишћавање инфлуента у процесу прелиминарне и

примарне обраде отпадних вода (II и III група отпадних вода). Повећане концентрације укупних чврстих суспендованих материја као и хемијске и биолошке потрошње кисеоника, фосфора и азота изазивају такође индустријске отпадне воде прехранбене индустрије (месна, млечна, проиловна воћа и поврћа, кромпира, рибе и др). На слици 7 видимо примере прилива индустријских отпадних вода из кланице (улив у колектор јавне канализације). Млечно бела боја, на другој слици, указује на драстично велике концентрације цинка, која може да потиче из природног или вештачког ђубрива, са фарми свиња (адитиви хране) или из производње боја и лакова (цинк оксид). Корозија на цевима и вентилима указује на појаву цинка у води, чиме се отпуштају и други тешки метали, бакар и олово.

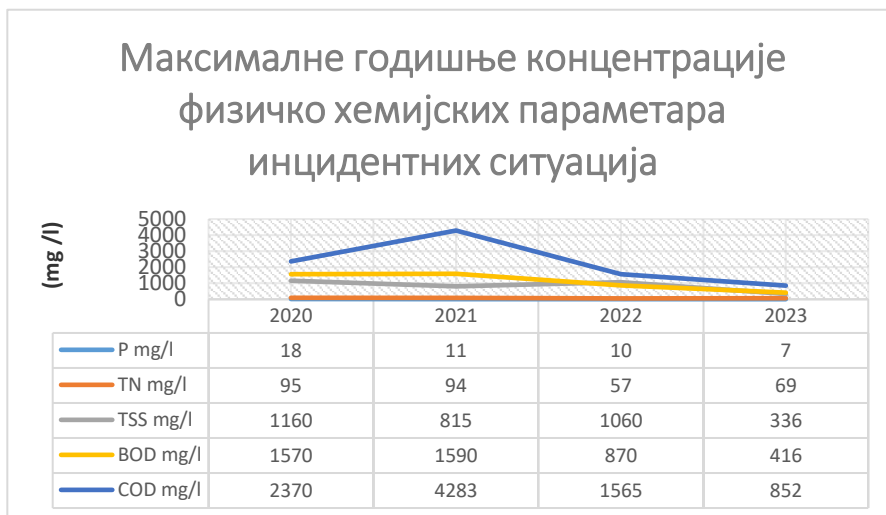


График 1. Графички приказ максималних концентрација параметара индустријских отпадних вода

Graph 1. Graphic representation of maximum concentrations of industrial wastewater parameters

На основу графичког приказа за период од четири године, (график 1), виде се максималне концентрације физичко хемијских параметара индустријских отпадних вода. Максимално детектована концентрација фосфора – 18 mg/l је забележена 2020. године. Укупне суспендоване материје су имале сличне максималне вредности 2020. и 2022. године. Максимална вредност хемијске потрошње кисеоника је забележена 2021. године – 4.283 mg/l.

У 2023. години се види нагли пад максималних концентрација, у односу на претходне године рада, свих физичко хемијских параметара индустријских

отпадних вода, што је позитивно, јер показује да се пробудила еколошка свест и одговорност индустријских субјеката.

3. Терцијални третман и ефикасност пречишћавања отпадних вода

Секундарна обрада обухвата биолошке поступке у којима се уз помоћ живих организама разграђују растворене супстанце (органска материја, једињења азота и фосфора). Микроорганизми у присуству кисеоника разлажу органску материју на угљен - диоксид, воду и амонијак уз увећање сопствене биомасе активног муља у биоаерацијским базенима. Ефлуент из аеробног дела са нитратима се може враћати у анаеробни део обезбеђујући аноксичне услове, чиме се повећава денитрификациона зона, посебно у периоду ниских температура када биолошко уклањање фосфора нема смисла, и када је денитрификација успорена.

Услови усмереног струјања помажу развој микроорганизама, и тиме минимизирају вероватноћу да дође до прекомерног раста филаментозних бактерија које доводе до подизања талога. Раздвојене аерационе зоне обезбеђују радну флексибилност, а избор контролисане аерације помоћу RTC (Real time Control), омогућава уштеду електричне енергије и до 30% за четири радне дувалке. Аерационо/аноксични услови – Комбинована зона омогућава уклањање органског угљеника и азота у процесима нитрификације и денитрификације.

Поједине бактерије имају способност да, у присуству кисеоника уместо органске материје, за своју исхрану употребљавају угљен-диоксид, (као извор угљеника) и амонијак (као извор енергије). Ове групе бактерија оксидују амонијак до нитрита и нитрата (нитрификација).

Нитрати, који су настали у процесима нитрификације, поједине бактерије у анаеробним условима, користе уместо кисеоника, за оксидацију органске материје коју уграђују у своју биомасу, уз издвајање елементарног азота који као гас одлази у атмосферу (денитрификација).

Код биолошког уклањања фосфора, морамо да „преваримо“ бактерије да узимају више фосфора него што им је потребно. Поједине бактерије у присуству кисеоника растворљиве фосфате из воде, претварају у нерастворљиве полифосфате, које у виду гранула у активном муљу, у одсуству кисеоника, отпуштају. Комбинацијом анаеробног и аеробног третмана, утичемо да ове бактерије акумулирају што више полифосфата.

За индустријску отпадну воду која се теже биолошки пречишћава тј. за супстанце које су теже биоразградиве (микроорганизми их не могу користити за своју исхрану), или негативно делују на живи свет, користи се поступак

хемијског пречишћавања. Процес се заснива на додавању хемикалија, са циљем да се растворена једињења преведу у таложиви облик или да се јаке киселине, јаке базе и отрови хемијским реакцијама преведу у мање токсична једињења. За убрзавање процеса таложења користи се 40% водени раствор ферихлорида (коагулант који дестабилизује суспензије) има двојну улогу. Елиминише вишак фосфора у биоаерацијским базенима, (МДК по Правилнику 2 mg/l за ефлуент), и анулира водоник сулфид у биогасу. За угушћивање вишка муља на ротационом угушћивачу, као и анаеробно дигестованог муља у процесима обезводњавања на тракастим пресама, користи се катјонски полиакриламид у облику емулзије (флокулант – средство које подстиче груписање честица у „пахуље“). Терцијалним третманом анулирања азота и фосфора из отпадне воде, расте и ефикасност пречишћавања инфлуента. (табела.1.)

Табела 1. Ефикасност пречишћавања композитних узорака инфлуента и ефлуента (2020-2023)

Table 1. Efficiency of purification of composite influent and effluent samples (2020-2023)

Година	Проток Инфлуента	Средња вр. м³/сек	ХПК			БПК ₅			УКУПНИ АЗОТ (ТМ)			УКУПНИ ФОСФОР (Р)			СУСПЕНДОВАНЕ МАТЕРИЈЕ		
			500	125	≥75	255	25	≥70	38	15	≥80	6	2	≥80	299	35	≥70
			УПАЗ	ИЗПАЗ	УКЛАЊАЊЕ	УПАЗ	ИЗПАЗ	УКЛАЊАЊЕ	УПАЗ	ИЗПАЗ	УКЛАЊАЊЕ	УПАЗ	ИЗПАЗ	УКЛАЊАЊЕ	УПАЗ	ИЗПАЗ	УКЛАЊАЊЕ
			mg/l	mg/l	%	mg/l	mg/l	%	mg/l	mg/l	%	mg/l	mg/l	%	mg/l	mg/l	%
2020	6,065,079	Средња вр.	672.31	66.85	92.28	365.27	17.87	95.59	47.25	22.11	62.71	5.65	1.62	80.37	293.36	18.08	95.34
		мин	218.00	14.10	72.06	70.00	4.50	90.08	15.80	6.76	18.65	1.84	0.10	54.32	82.00	2.30	80.35
		максимум	2386.00	261.00	96.24	1428.00	104.20	98.18	120.00	74.90	80.93	13.90	6.11	95.65	1705.00	78.00	98.06
2021	6,689,340	Средња вр.	575.27	27.43	94.63	230.72	9.68	95.89	41.74	11.12	74.67	4.78	0.85	82.75	213.99	5.18	97.19
		мин	176.00	14.10	86.70	73.45	2.36	83.45	20.70	6.25	57.72	1.93	0.13	36.00	87.00	0.25	89.88
		максимум	2020.00	54.00	98.26	419.79	17.33	99.66	71.20	20.50	86.72	6.81	4.57	97.64	407.00	12.75	99.82
2022	6,088,910	Средња вр.	589.34	40.44	94.23	244.46	12.65	96.11	40.19	9.86	77.22	4.98	0.89	90.94	212.94	20.52	95.56
		мин	211.00	15.50	75.39	84.80	4.18	77.76	26.70	6.87	63.43	2.13	0.04	8.86	58.00	0.25	28.09
		максимум	1745.00	156.00	98.67	449.00	71.60	98.57	55.40	15.90	86.56	8.82	4.22	99.01	605.00	180.50	99.77
2023	7,677,400	Средња вр.	401.29	28.74	92.82	174.31	8.69	94.76	32.98	7.29	76.55	3.77	0.53	89.23	155.05	7.98	95.17
		мин	112.00	9.13	82.41	44.46	2.70	81.44	14.80	3.00	36.86	1.56	0.03	23.58	30.00	0.50	71.59
		максимум	852.00	66.30	97.25	323.50	16.42	98.35	57.70	12.40	100.00	6.69	1.83	98.88	336.25	31.25	99.87

У односу на предвиђене улазне параметре за укупни азот 38 mg/l, уочавамо да је средњи годишњи просек преко 40 mg/l, у периоду од 2020. (47,3 mg/l) до 2023. године, када је та вредност најмања и износи близу 33 mg/l. Зато је и ефикасност уклањања била нижа од 80%. За све друге параметре, ефикасност уклањања је у оквирима законских граничних вредности, тј. преко 90%.

4. Закључак

ЈКП „Водовод“ Крушевац као друштвено одговорна организација има јасну оријентацију ка крајњем кориснику кроз пружање квалитетне услуге дис-

трибуције воде за пиће која ће задовољити квалитетом, квантитетом и здравственом исправношћу. Третманом одвођења и пречишћавања отпадних вода према највишим стандардима заштите животне средине, уз континуирано унапређење услуга у складу са системом квалитета, законском регулативом Републике Србије и потребама корисника. Заштита и очување животне средине, смањење лошег утицаја на здравље људи су основни циљеви настанка пројекта „Постројење за пречишћавање отпадних вода“ града Крушевца, које ће као регионални лидер руководити и будућим постројењима за пречишћавање у општинама Брус и Блаце, чију инвестицију спроводе надлежна министарства.

5. Литература

- [1] Ashbolt N. J, S. R. Petterson, T. A. Stenstrom, C. Schonning, T. Westrell & J. Ottoson, Microbial risk assessment (MRA) Tool; *The Mistra Programme, Urban Water, Report 2005*: 7. Chalmers University of Technology, Göteborg. 2006.
- [2] Gauff Ingenieure, GmbH, *FICHTNER water & transportation*, Postrojenje za prečišćavanje otpadnih voda grada Kruševca, Idejno rešenje, 2014.
- [3] „Eko-vodo project“ DOO Beograd, Postrojenje za prečišćavanje otpadnih voda grada Kruševca, Projekat za izvodjenje, 2018.
- [4] Reh Ž, Čokić S, *Biološko prečišćavanje otpadnih voda, detektivska priča*, Subotica, 2008.
- [5] Jahić M, *Urbani vodovodni sistemi*, Udruženje za tehnologiju vode, Beograd, 1988.
- [6] Ljubisavljević D, Đukić A, Babić B, *Prečišćavanje otpadnih voda*, Građevinski fakultet, Beograd, 2004.
- [7] Milojević M, Daković S, Maksimović Č, Ljubisavljević D, *Prečišćavanje, industrijskih otpadnih voda*, (I deo), Građevinski kalendar, SGITJ, Beograd, 1987.