

SNEŽANA ŠERBULA¹, ANA RISTIĆ¹, SREĆKO
MANASIJEVIĆ², NATALIJA DOLIĆ³, NOVICA DAVITKOV¹

Originalni naučni rad
UDC:628.316.13

pH vrednosti i koncentracije ukupnog suvog ostatka i suspendovanih materija u otpadnim vodama Rudnika bakra Majdanpek

U radu su analizirane prosečne godišnje vrednosti: koncentracije ukupnog suvog ostatka, pH vrednosti i suspendovanih materija u otpadnim vodama rudnika bakra Majdanpek. Pokazalo se da pojedini rezultati premašuju vrednosti maksimalne dozvoljene koncentracije definisane zakonskom regulativom Republike Srbije. Dobijeni rezultati su upoređivani sa dozvoljenim graničnim vrednostima koncentracija koje propisuju Pravilnik Svetske zdravstvene organizacije i Direktiva 98/83/EC Evropske unije kao i sa nekim poznatim svetskim primerima. Predložena je dorada gravitacionog taložnika da bi se smanjio gubitak koncentrata bakra u obliku suspendovanih čestica u otpadnim vodama pogona filtracije primenom koagulanata.

Ključne reči: otpadne vode, suvi ostatak, suspendovane čestice, Rudnik bakra Majdanpek, Veliki Pek

1. UVOD

Otpadne vode su složenog sastava i sadrže različita zagađenja. Njihova koncentracija i vrsta zavise od vrste tehnološkog procesa, vrste sirovine i proizvoda. Mnogi procesi su diskontinualni, te je i režim nastajanja i ispuštanja otpadnih voda različit u svakoj proizvodnji [1]. Količina i sastav industrijskih otpadnih voda zavisi od niza faktora i specifična je za svaku granu industrije. Otpadne vode industrije obuhvataju procesne, rashladne, sanitarne i otpadne vode od čišćenja sudova i prostorija. Do podataka o programu analize neohodnih parametara voda se dolazi na osnovu režima rada u proizvodnji. Na osnovu tehnologije proizvodnje određuje se i dinamika uzorkovanja, tip uzorka, karakteristični period ispitivanja u toku meseca ili godine, a na osnovu situacionog plana zagađivača upoznaje se sa brojem ispusta, lokacijom ispusta i mestom uzorkovanja. Pored ovih podataka potrebno je utvrditi i način merenja protoka otpadnih voda [1–6].

Klasifikacija otpadnih voda vrši se na osnovu porekla i dele se na: komunalne otpadne vode, industrijske otpadne vode i otpadne vode agro-kompleksa [1].

Sve vode koje su iskorišćene za neku namenu, bilo da je reč o kućnim, industrijskim ili poljoprivrednim vodama, potrebno je prikupiti, kao otpadnu vodu, te je na prikladan način obraditi i odvesti u prijemnike bez štetnih posledica za životnu sredinu i bez narušavanja prirodnog kružnog toka vode [1–4].

Adrese autora: ¹Univerzitet u Beogradu, Tehnički fakultet Bor, VJ 12, ²Lola institut, Beograd, Kneza Višeslava 70a, ³Univerzitet u Zagrebu, Metalurški fakultet, Sisak, Aleja narodnih heroja 3, Hrvatska

Primljeno za publikovanje: 10. 02. 2014.

Prihvaćeno za publikovanje: 05. 05. 2014.

Prijemnici otpadnih voda mogu biti prirodne vode: reke, jezera, mora, ali u nekim slučajevima veliki deo otpadne vode moguće je, uz određenu obradu, ponovo koristiti za prvobitne ili neke druge procese. Zbog različitog sastava otpadnih voda razlikuju se i materijali koji će biti primenjeni u izgradnji sistema za odvođenje različitih tipova otpadnih voda [1].

U zavisnosti od tipa industrije, u industrijskim otpadnim vodama mogu se naći različite štetne, opasne i toksične supstance. Zagađujuće materije se mogu naći u vodi u rastvornom obliku, u obliku jona ili molekula, koloida, suspenzija i mogu biti adsorbovane na čvrstim telima [1]. Uredbom o klasifikaciji voda ("Sl. glasnik SRS", br. 5/68) utvrđena je opšta podela voda u četiri klase prema stepenu zagađenosti i nameni [7]. Prvoj i drugoj klasi voda pripadaju vode koje se koriste za piće, kupanje i rekreaciju, dok III i IV klasa voda obuhvata vodu koja se koristi u industriji i voda koja se može upotrebljavati nakon posebne obrade. Podela vode u klase i podklase vrši se na osnovu pokazatelja i njihovih graničnih vrednosti.

U ovom radu akcenat je dat na analizi hemijskog sastava, pH vrednost, koncentracije ukupnog suvog ostatka i suspendovanih materija otpadnih voda. U periodu od 2002. godine do 2004. godine vršena su ispitivanja kvaliteta vode reke Gomti u Indiji kako bi se utvrdili glavni izvori zagađenja. Uzorci vode su uzimani sa osam lokacija i rezultati su pokazali da se pH vrednost kretala od 8.0–9.9 [8]. Uzimanje uzoraka iz Baiyangding jezera, Kina vršeno je jednom mesečno u periodu od dve godine sa 13 lokacija, kako bi se utvrdili uzroci koji negativno utiču na kvalitet vode. Dobijeni rezultati za pH vrednost su se kretali u granicama od 7.6–8.9, što je ispod MDK [9].

U okviru kompleksa rudnika bakra Majdanpek, nastaju otpadne vode kroz koji se gubi znatna količina rude bakra u rastvornom ili nerastvornom

obliku, tj. u obliku suspendovanih čestica. Cilj ovog rada je analiza kvaliteta (hemijskog sastava, pH vrednost, koncentracije ukupnog suvog ostatka i suspendovanih materija) otpadnih voda pogona filtracije i uticaj na recipijent reku Veliki Pek, pre i posle ulivanja otpadnih voda pogona filtracije u periodu od 2008–2012. godine.

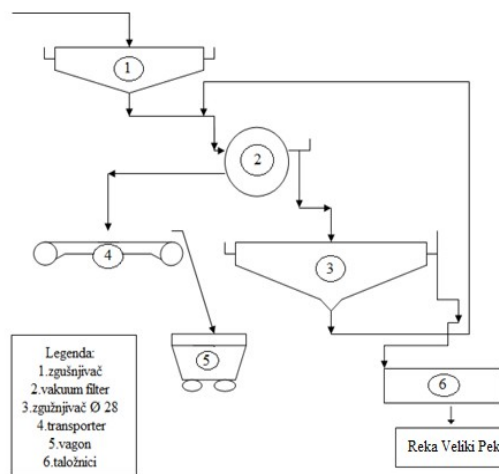
2. UZORKOVANJE I ANALIZA VODA

Ruda bakra u Majdanpeku je otkrivena krajem 1953. godine, kada su utvrđene rezerve na Južnom reviru od oko 85 miliona tona sa prosečnim sadržajem od 0.83% Cu. Na ovim rezervama rude bakra, uz pretpostavku daljeg nastavljanja sa istraživanjem, Savezno izvršno veće je donelo rešenje o osnivanju preduzeća "Rudnik bakra Majdanpek" (16.04.1954.). U julu 1957. godine odobrena su sredstva za izgradnju rudnika, a prvi radovi su započeli krajem 1957. godine. Početkom 1958. godine počeli su radovi na pripremanju prve etaže za površinski kop "Južni revir" kada je iz Bora dobijen prvi bager. Pred kraj 1958. godine započeli su prvi radovi na jalovini na brdu "Švajns". Za početak proizvodnje rude se može uzeti početak probnog rada flotacije, juna 1961. godine. Prve tone koncentrata bakra iz Majdanpeka su isporučene juna 1961. godine. Do 1977. godine u okviru RBM-a radio je samo površinski kop "Južni revir", kada započinje sa radom površinski kop "Severni revir". Do 1993. godine otkopavana je samo ruda bakra i proizvođen koncentrat bakra. Nakon te godine je započelo otkopavanje rude cinka i olova i proizvodnja ovog koncentrata. Radovi na Površinskom kopu "Severni revir" su se odvijali u okviru tri radilišta: Centralni deo, Tenka i Dolovi.

Celokupni proces proizvodnje u Rudniku bakra Majdanpek može se uglavnom posmatrati kroz nekoliko faza: otkopavanje, usitnjavanje i flotiranje rude. Otkopavanje rude vrši se miniranjem eksplozivima. Ruda usitnjena miniranjem (do 1 m veličine) se transportuje do drobilica na primarnom drobljenju, gde se usitnjava do 250 mm i kao takva ide trakama na sekundarno drobljenje. Sa sekundarnog drobljenja izlazi usitnjena do 75 mm i ide trakama u flotaciju na prosejavanje i tercijalno drobljenje (do 20 mm). Tehnološka operacija mlevenja se odvija u flotaciji, gde se usitnjava u mlinovima sa šipkama i kuglama do mikronskih veličina. Tokom procesa mlevenja u mlinove se dozira voda, kreč i reagensi potrebni za flotiranje. Tako pripremljena pulpa transportuje se u hidrociklone gde se vrši razdvajanje na preliv koji ide na proces flotiranja i grubu fazu koja se ponovo vraća u mlin sa kuglama. Proizvod mlevenja uvodi se u kondicionere, zatim u razdeljivač pulpe, odakle se ravnomerno distribuira u flotacione mašine. Flotiranje se sastoji iz osnovnog flotiranja i tri prečišćavanja. U osnovnom flotiranju dobija se grubi koncentrat koji

se melje u dopunskom mlinu i definitivnu jalovinu. Trostepeno prečišćavanje daje definitivni koncentrat bakra koji u sebi sadrži oko 23% bakra. Koncentrat, u obliku pulpe sa oko 20% čvrste faze, odvodi se tunelom kroz plastične cevi u pogon filtriranja. Iz prihvatnih rezervoara pulpa se pumpama prebacuje na zgušnjavanje, a nakon toga na filtriranje. Filtriranje se vrši na kontinualnim disk-filterima. U toku ovog procesa se odvaja voda od čvrste frakcije tako da proizvod sadrži oko 10% vlage. Iz pogona filtriranja koncentrat bakra se sistemom transportnih traka prebacuje do vagona, a zatim železnicom do Bora. Koncentrat bakra je polazna sirovina za borsku topionicu [1,10].

Jalovina koncentracije bakra se pumpama transportuje do flotacijskog jalovišta "Valja Fundata" gde se vrši klasiranje ciklonima. Pesak ciklona služi za pravljenje zaštitnih brana. Za tehnološki proces mlevenja i flotiranja koristi se velika količina vode koja se obezbeđuje recirkulacijom iz flotacijskog jezera. Desno od obale reke Veliki Pek izgrađeno je postrojenje filtracije u neposrednoj blizini sela Debeli Lug. U procesu flotacijske koncentracije dobijaju se dva proizvoda koncentrat koji sadrži oko 20% čvrste faze i flotacijska jalovina koja sadrži od 12–18% čvrste faze. Tehnološka šema postrojenja filtracije bakarnog koncentrata data je na slici 1.



Slika 1 - Tehnološka šema postrojenja filtracije bakarnog koncentrata.

Koncentrat bakra se transportuje u zgušnjivače (1) gde se sadržaj čvrste faze povećava na 50%. Zgusnuti proizvod se gravitacijski transportuje tunelom dužine 3270 m dovodi do Debelog Luga u pogon filtracije. Iz prihvatnog rezervoara se pumpama prebacuje do vakuum filtera (2). Kolač sa vakuum filtera pada na sabirne transportere (4), a zatim u železničke vagone (5). Tečna faza sa vakuum filtera (2) odlazi u zgušnjivač (3) i zatim u taložnik (6) gde se vrši gravitaciono prečišćavanje filtrata koji predstavlja otpadnu vodu procesa filtracije. Iz taložnika (6) se gravitaciono prečišćena

otpadna voda ispušta u recipijent, reku Veliki Pek. Uređaj za prečišćavanje otpadnih voda pogona filtracije izgrađen je 1970. godine i sastoji se od zgušnjivača i taložnika. Zgušnjivač je betonski bazen kružnog oblika prečnika 28 m. Površina zgušnjivača od 630 m² obezbeđuje mehaničku sposobnost zgušnjavanja i za znatno veće mase od onih koje nastaju u redovnoj proizvodnji. Preliv iz zgušnjivača ide u taložnik gde se dalje vrši mehaničko prečišćavanje otpadnih voda [10].

Taložnik za gravitaciono prečišćavanje otpadnih voda (slika 2a), je izgrađen od armiranog beto-

na i sastoji se od dve komore dimenzija 8x38m, dubine 2.5m. Svaka komora se može naizmenično, nezavisno puniti i prazniti. Trenutno su u rad uključena oba gravitaciona taložnika što obezbeđuje bolju efikasnost prečišćavanja otpadnih voda zbog dužeg vremena zadržavanja u samom taložniku. Na slici 2b. je fotografija mesta uzorkovanja otpadnih voda nakon gravitacionog prečišćavanja u taložniku. Nakon taložnika se prečišćena otpadna voda odvodi zemljanim kanalom do reke Veliki Pek. Zemljani kanal je širine od 1.5–3 m, dubine 1.4–1.6 m i dužina kanala je oko 600 m [1, 10].



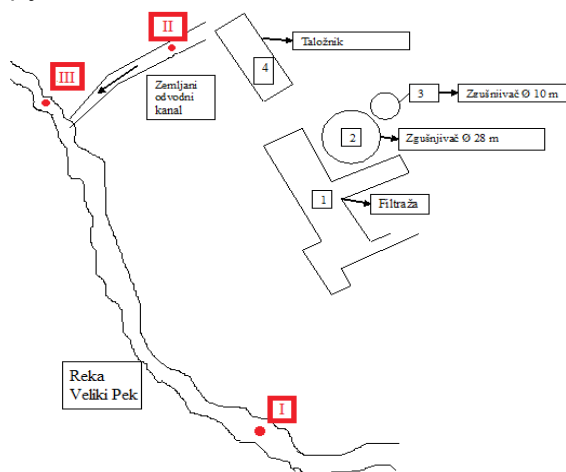
a)



b)

Slika 2 - Gravitaciono prečišćavanje otpadnih voda, a). taložnik i b) mesto uzorkovanja

Na slici 3. dat je šematski prikaz pogona filtracije. Radi što boljeg odvijanja procesa zgušnjavanja i filtriranja koncentrata bakra postoje zgušnjivači prečnika 28 m i 10 m u kojima se vrši predprečišćavanje otpadnih voda. Nakon toga otpadne vode odlazi u taložnike odakle se ispušta u recipijent, reku Veliki Pek.



Slika 3 - Situacioni plan objekata u pogonu filtracije: I. Veliki Pek pre uliva otpadne vode, II. Otpadna voda pogona filtracije, III. Veliki Pek posle uliva otpadne vode

Voda koja se ispušta u reku Veliki Pek kontroliše se tri do četiri puta godišnje kao i kvalitet reke

Veliki Pek pre i posle uliva otpadnih voda pogona filtracije. Kvalitet voda ispituje akreditovana institucija Zavod za javno zdravlje "Timok" Zaječar [1, 11].

Na slici 4 je prikazan satelitski snimak pogona filtracije Rudnika Bakra Majdanpek sa mestima uzorkovanja i tokom reke Veliki Pek.



Slika 4 - Satelitski snimak pogona filtracije Rudnika Bakra Majdanpek sa mestima uzorkovanja i tokom reke Veliki Pek

Prema Uredbi o klasifikaciji voda Republike Srbije, reka Veliki Pek spada u III klasu voda. U ovom radu je ispitivana fizičko-hemijska ispravnost reke Veliki Pek pre ulivanja otpadne vode pogona filtracije, same otpadne vode pogona filtracije, kao i reke Veliki Pek posle ulivanja otpadne vode filtracije. Karakteristike otpadnih voda mogu se odrediti

na osnovu: fizičkih pokazatelja, hemijskih pokazatelja i bioloških pokazatelja [7,12–14].

Fizički pokazatelji kvaliteta ispitivanih voda su: rastvorene materije, ukupni suvi ostatak, mutnoća, boja, ukus, miris i temperatura. Suspendovane materije u vodi mogu biti organskog ili neorganskog porekla i zagađuju vodu estetski, ekološki i zdravstveno. Talože se u mirnim vodama i ugrožavaju živi svet na dnu vodotokova i smanjuju prozirnost vode. Na njih se adsorbuju joni i molekuli drugih materija [15]. U ovom slučaju sadržaj suspendovanih materija određen je u laboratorijskim uslovima, gravimetrijskom metodom.

Suvi ostatak dobija se odparavanjem odmerene zapremine proceđene vode i sušenjem ostatka na 110 °C, do stalne mase. Suvi ostatak, obrazuju rastvorene koloidne i molekularno dispergovane primese, bez rastvorenih gasova i izražava se u mg/dm³. Masa žarenog suvog ostatka nešto je manja, pošto pri žarenju dolazi do sagorevanja primesa organskog porekla, kao i do razlaganja karbonata i isparavanja zaostale vezane vode. Da bi se dobile merljive količine suvog ostatka treba nekad upariti i do 10 dm³ kondenzata [16]. Ovom metodom određen je sadržaj suvog ostatka.

Mutnoća vode nastaje od rastvorenih materija, kao što su koloidi, mikroorganizmi, mehurići gasova i utiče na dubinu prodiranja svetlosti (eutrofički sloj). Na mutnoću deluje turbulencija vode, a naročito ispuštanje otpadnih materija. Jedan je od kriterijuma za određivanje podobnosti vode za piće, kupanje i rekreaciju [17–20]. Za merenje mutnoće vode korišćen su turbidimetrijski uređaji. Oni određuju koliko svetlosti prolazi kroz uzorak vode. Izražava se u 1NTU (nefelometrijska jedinica).

Temperatura vode je jedan od najlakše merenih parametara kvaliteta vode. Merenje temperature vode vršeno se termometrijski i termistorom i izražava u °C [21]. I ovde je korišćena ova metoda.

Hemijski pokazatelji kvaliteta ispitivanih voda: pH vrednost, tvrdoća, alkalitet. U prirodnim vodama, pH vrednost je u prvom redu funkcija karbonatnog sistema koji je sačinjen od ugljen-dioksida (CO₂), ugljene kiseline (H₂CO₃), bikarbonatnog jona (HCO₃⁻) i karbonatnog jona (CO₃²⁻). Na pH mogu da utiču: huminske supstance koje menjaju karbonatnu ravnotežu, biološka aktivnost flore i faune, kao i soli koje hidrolizuju. Zbog uticaja pH na hemijska i biološka svojstva vode, određivanje pH je veoma značajno [22,23]. pH vrednost je određivana lakmus papirom, indikatorskim papirima i pH-metrom.

Tvrdoća je uzrokovana prisustvom rastvorenih soli kalcijuma i magnezijuma. Najveća je koncentracija kalcijuma, zbog njegove zastupljenosti u Zemljinoj kori u obliku minerala kalcita, dolomita, i dr. [5,24]. Tvrdoća vode je određivana kompleksometrijskom metodom.

Alkalitet čine hidroksidi, karbonati i bikarbonati alkalnih i zemnoalkalnih metala, uglavnom kalcijuma, magnezijuma, natrijuma i kalijuma. U vrednost alkaliteta ulaze eventualno prisutni borati, fosfati i silikati. Alkalitet se određuje titracijom vode, rastvorom hlorovodonične kiseline ili rastvorom sumporne kiseline uz indikatore fenolftalein i metiloranž. Alkalitet vode se izražava kao sadržaj CaCO₃ u mg/dm³ vode [25]. U ovom slučaju korišćena je navedena metoda.

3. REZULTATI I DISKUSIJA

U ovom radu su analizirani rezultati u periodu od 2008. godine do 2012. godine koji su uzorkovani na tri merna mesta.

Tabela 2 - Vrednosti analiza u periodu od 2008. do 2012. godine uzete sa tri merna mesta

	Mesto uzorkovanja, sl. 2	Pokazatelji, mg/ dm ³			MDK
		Min	Max	Srednja vrednost	
pH vrednost	I	7.38	8.81	7.95	6.0-9.0
	II	7.68	13.05	10.24	
	III	7.53	9.20	8.49	
Ukupni suvi ostatak	I	200	748	395	1500
	II	1980	3840	2547	
	III	180	888	491	
Suspendovane materije	I	0.0	47.4	6.76	80
	II	21.2	184.6	64.68	
	III	0.2	18.2	7.31	
Cr	I	0.002	0.025	0.0051	0.1
	II	0.002	0.026	0.0068	
	III	0.002	0.091	0.00906	
Sulfati SO ₄ ²⁻	I	76.3	472.3	174.82	/
	II	106.2	1864.2	906.55	
	III	59.58	373.4	147.74	
As	I	0.001	0.01	0.0029	0.05
	II	0.001	0.029	0.0099	
	III	0.001	0.007	0.0032	
Mn	I	0.015	0.088	0.054	/
	II	0.01	0.132	0.047	
	III	0.019	2.442	0.195	
Ukupni fosfati kao PO ₄ ³⁻	I	0.10	0.49	0.25	/
	II	0.03	0.4	0.32	
	III	0.07	1.17	0.22	
Rastvoreni kiseonik mg/ dm ³ O ₂	I	2.0	16.7	11.77	Najmanje 4
	II	2.7	11.73	8.53	
	III	8.4	13.6	11.81	
Utrošak KmnO ₄	I	6.6	20.3	9.37	/
	II	3.1	178.6	64.66	
	III	3.4	20.9	10.14	
Fluoridi		0.01	0.29	0.08	/
		0.01	0.46	0.17	
		0.01	0.68	0.14	
Hloridi Cl ⁻		4.4	10.2	5.92	/
		5.0	57.7	16.26	
		5.0	13.3	7.10	

Deteržent i anjonski		0.01	2.2	0.173	1.0
		0.01	0.41	0.097	
		0.01	0.3	0.061	

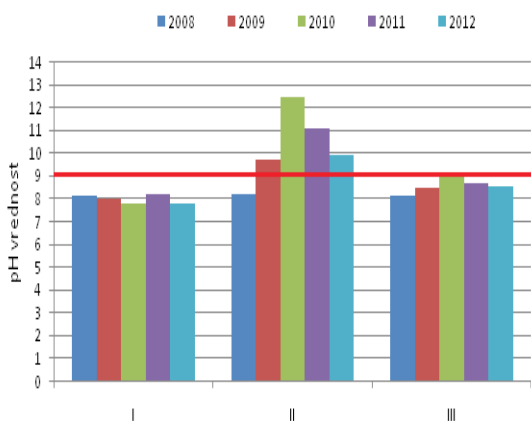
Tabela 2. prikazuje vrednosti pokazatelja kao što su koncentracije ukupnog suvog ostatka, suspendovanih materija, hroma, arsena, mangana, kadmijuma, cinka, pH vrednost i dr., pri čemu su pokazane minimalne, maksimalne i srednje vrednosti koncentracije, kao i maksimalna dozvoljena koncentracija pokazatelja (MDK) propisana za III klasu klasu voda u koju spada reka Veliki Pek.

Iz tabele 2. se vidi da se minimalna pH vrednost uzoraka sa tri merna mesta kretala od 7.38–7.68, dok je maksimalna pH vrednost prelazila MDK u uzorcima uzetih sa II i III mernog mesta (9.2–13.05). Svi ostali pokazatelji ispitivanih voda su ispod zakonski dozvoljenih granica.

3.1. Prosečne godišnje pH vrednosti

Tehnološki proces obrade otpadne vode pogona filtracije odvija se u baznoj sredini gde je prosečna pH vrednost od 11.5–12.0. Prosečne godišnje pH vrednosti koje su dobijene iz uzoraka uzetih sa tri merna mesta u periodu od 2008–2012. godine su prikazane na slici 5.

Uredbom o klasifikaciji voda Republike Srbije, MDK za pH vrednost se kreće od 6.0–9.0, dok se prema pravilniku o kvalitetu voda koji izdaje Svetska zdravstvena organizacija i Direktivi 98/83/EC Evropske unije granične vrednosti za pH kreću od 6.55–9.5 [26]. Po ovim pravilnicima samo otpadne vode pogona filtracije, odnosno uzorci vode sa II mernog mesta, prelaze MDK.



Slika 5 - Prosečne godišnje pH vrednosti (crnom linijom označena je MDK)

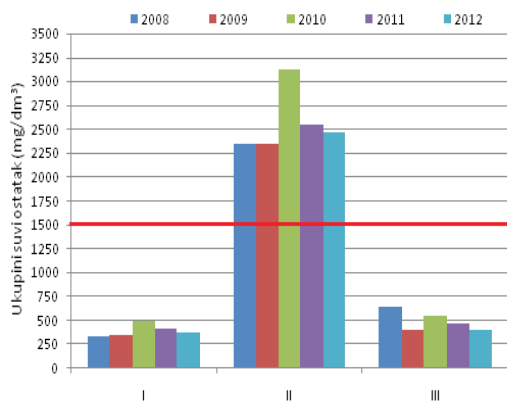
Sa slike 5 se vidi da se tokom svih pet godina analize uzete sa mernog mesta I pokazale da se vrednost pH kretala od 7.5–8.0. Analize uzete sa drugog mernog mesta pokazuju da su tokom 2009., 2010., 2011. i 2012. godine pH vrednosti prelazile MDK, dok je u 2008. godini prosečna pH vrednost bila ispod MDK. Uzorci uzeti sa III mernog

mesta ukazuju da je reka Veliki Pek samo u 2010. imala pH vrednost koja prevazilazi MDK za reke III klase u koju ona spada.

Upoređivanjem prosečne godišnje pH vrednosti voda iz Indije i Kine 8.9 [8,9], sa pH vrednošću reke Veliki Pek posle ulivanja otpadne vode pogona filtracije može se zaključiti da otpadne industrijske vode utiču na povećanje pH vrednosti koja se kreće oko MDK za sva tri mesta merenja.

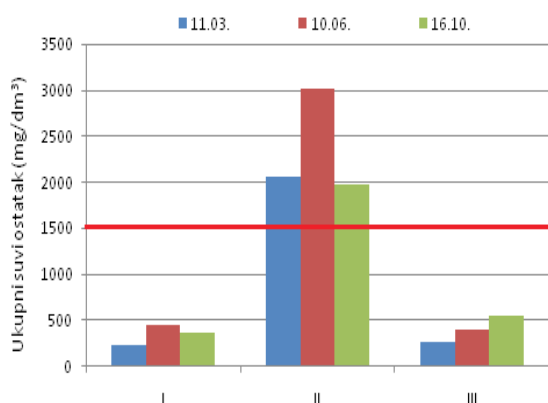
3.2. Prosečne godišnje koncentracije ukupnog suvog ostatka

Uredbom o klasifikaciji voda Republike Srbije maksimalna dozvoljena koncentracija ukupnog suvog ostatka u vodama III klase je do 1500 mg/dm³ [7]. Na slici 6. prikazane su prosečne godišnje koncentracije ukupnog suvog ostatka u uzorcima uzetim sa tri merna mesta.



Slika 6 - Prosečne godišnje koncentracije ukupnog suvog ostatka (crnom linijom označena je MDK)

Uzorci sa I mernog mesta pokazuju da se prosečne vrednosti kreću od 250–300 mg/dm³. Na II mernom mestu je zapaženo povećanje koncentracije USO i one prevazile granične vrednosti tokom svih pet godina gde je najmanje prekoračenje u 2008. godini i ono iznosi 2250 mg/dm³, dok je najveće prekoračenje u 2010. godini i ono se kreće do 3125 mg/dm³. Na kraju ipak u uzorcima sa III mernog mesta vrednosti za ukupni suvi ostatak nisu prekoračene.

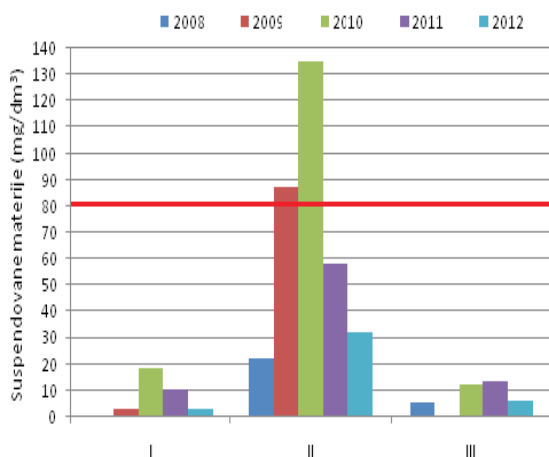


Slika 7 - Koncentracije ukupnog suvog ostatka u 2009. godini (crnom linijom označena je MDK)

Na slici 7 su prikazane vrednosti analiza za ukupni suvi ostatak u toku 2009. godine. U uzorcima sa II mernog mesta su prekoračene maksimalne dozvoljene koncentracije. Otpadne vode pogona filtracije pre ulivanja u reku Veliki Pek prolaze zemljanim kanalom (L=600 m) pri čemu dolazi do samoprečišćavanja te ista ne utiče na kvalitet reke Veliki Pek.

3.3. Prosečne godišnje koncentracije suspendovanih materija

Maksimalna dozvoljena koncentracija suspendovanih materija u vodama III clase, u koju spada reka Veliki Pek, prema Uredbi o klasifikaciji voda Republike Srbije iznosi 80 mg/dm³. Na slici 8 su prikazane prosečne godišnje koncentracije suspendovanih materija u periodu od 2008–2012. godine.



Slika 8 - Prosečne godišnje koncentracije suspendovanih materija (crnom linijom označena je MDK)

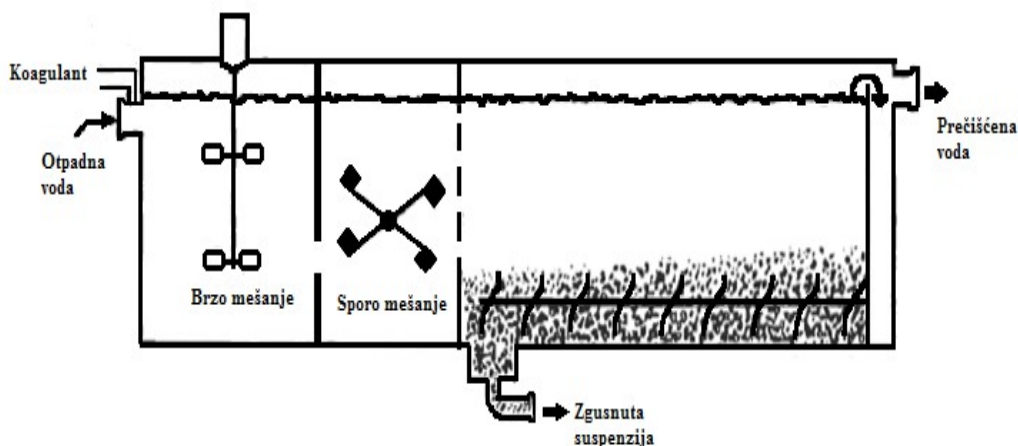
Prosečne vrednosti za suspendovane materije ukazuju da na I i III mernom mestu vrednosti koncentracije suspendovanih materija ne prelaze MDK, dok u uzorcima sa II mernog mesta dolazi do prekoračenja MDK u toku 2009. i 2010. godine.

3.4. Predlog poboljšanja kvaliteta otpadne vode pogona filtracije

Poboljšanje kvaliteta otpadne vode pogona filtracije može se sprovesti korišćenjem raznih adsorbentasa. Za adsorpciju u tečnosti koriste se joniti, akrivni ugalj, silika gel i zeoliti. Joniti su prirodni ili sintetički adsorbensi, organskog ili neorganskog porekla.

Za uklanjanje suspendovanih materija predlaže se korišćenje koagulanata. Obično se koriste koagulantni aluminijum-sulfat, aluminijum-hlorid, gvožđe-sulfat, gvožđe-hlorid, natrijum-aluminat. Pri izboru pravog koagulanata treba voditi računa o pH vrednosti vode. Aluminijumove soli su najefikasniji koagulatori u opsegu pH vrednosti od 5.5–8.0 i obično se dodaju u količini od 10 do 150 g/m³, dok su gvožđe-sulfat i gvožđe-hlorid najefikasniji u opsegu od 8–10. Gvožđe-hlorid se obično dodaje u količini od 5–150 g/m³, a gvožđe-sulfat u količini od 10–250 g/m³. Kao koagulantni koji bi mogli da se koristi pri prečišćavanju otpadne vode iz pogona filtracije Rudnika bakra Majdanpek preporučuju se aluminijum-sulfat, aluminijum-hlorid i natrijum-aluminat koji utiču na smanjenje koncentracije suspendovanih materija pri pH vrednostima između slabo bazne i neutralne sredine. Kako je koncentracija jona gvožđa u otpadnim vodama pogona filtracije prelazila graničnu vrednost, ne preporučuje se korišćenje koagulanata gvožđe-sulfata i gvožđe-hlorida.

Sam proces prečišćavanja u taložniku bi se poboljšao doradom dva dela unutar samog taložnika. U prvom delu vršilo bi se brzo mešanje koagulanata i otpadne vode radi ravnomerene raspodele, dok bi se u drugom vršilo sporo mešanje kako bi došlo do razdvajanja faza. Nakon gravitacionog razdvajanja, prečišćena voda oticala bi do recipijenta, dok se zgusnuta suspenzija, koja je većinom koncentrat bakra, pužnim transporterom vraća u pogon filtracije. Na slici 9 je prikazan predlog dorađenog taložnika za gravitaciono prečišćavanje.



Slika 9 - Predlog dorađenog taložnika za gravitaciono prečišćavanje

6. ZAKLJUČAK

U ovom radu prikazani su rezultati kvaliteta otpadne vode pogona filtracije Rudnika bakra Majdanpek i reke Veliki Pek pre i posle uliva otpadne vode pogona filtracije. Pokazalo se da je prosečna godišnja pH vrednost u reci Veliki Pek posle ulivanja otpadne vode pogona filtracije prekoračila MDK samo u toku 2010. godine, dok je tokom ostalih godina ta vrednost bila ispod MDK.

Iz prikazanih rezultata može se zaključiti da su se vrednosti parametara u periodu od 2008. godine do 2012. godine kretale u širokom rasponu. U ranijim godinama vidi se da je uticaj bio veći te da se iz godine u godinu smanjivao. Poštujući zakonsku regulativu, kao i smanjenje uticaja na životnu sredinu (u ovom slučaju vodotokove) Rudnik bakra Majdanpek je puno radio na poboljšanju kvaliteta otpadnih voda, a samim tim i na smanjenje zagađenja reke Veliki Pek. Kod već postojećeg gravitacionog prečišćavanja u taložnicima dužine 30 m postavljeni su gumeni zastori koji su u velikoj meri utiču na povećavanje gravitacionog taloženja.

Predlog za smanjenje koncentracije suspendovanih materija mogu se koristiti koagulanti aluminijum-sulfat, amonijum-hlorid i natrijum-aluminat u dorađenom taložniku za gravitaciono prečišćavanje. Primenom jonoizmenjivača i koagulanata smanjilo bi se štetno dejstvo otpadne vode pogona filtracije na recipijent, reku Veliki Pek kao i smanjenje gubitaka koncentrata bakra.

LITERATURA

[1] Ristić A., Uticaj otpadnih voda Rudnika bakra Majdanpek na reku Veliki Pek, Završni rad, Univerzitet u Beogradu, Tehnički fakultet u Boru, Bor, oktobar 2013.

[2] Bugarin M., Jonović R., Avramović Lj., Tretman industrijskih otpadnih voda iz procesa proizvodnje bakra u RTB Bor, Rudarski radovi, 4 (2012) 73-78

[3] Kittinger C., Marth E., Reinthaler F.F., Zarfel G., Pichler-Semmelrock F., Mascher W., Mascher G., Mascher F. (2013) Water quality assessment of a Central European River-Does the Directive 2000/60/EC cover all the needs for a comprehensive classification, Science of Total Environment 447, 424-429.

[4] Hegazi H.A.; (2013) Removal of heavy metals from wastewater using agricultural and industrial wastes as adsorbents, HBRC Journal.

[5] Kurniawan T.A., Chan Y.S., Lo W.H., Babel S. (2006) Physico-chemical treatment techniques for wastewater laden with heavy metals, Chemical Engineering Journal 118(1-2), 83-98.

[6] Chermisinoff N.P.; Handbook of water and wastewater treatment technologies, Butterworth-Heinemann USA, (2002) 306-312.

[7] Službeni glasnik, Uredba o klasifikaciji voda, SRS br. 5/68, 16.01.1968.

[8] Singh K.P., Malik A., Sinha S. (2006) Water quality assessment and apportionment of pollution sources of Gomti river (India) using multivariate statistical techniques-a case study, Analytica Chimica Acta 538, 355-374.

[9] Zhao Y., Xia X.H., Yang Z.F., Wang F. (2011) The 18th Biennial Conference of International Society for Ecological Modelling Assessment of water quality in Baiyangdian Lake using multivariate statistical techniques, Procedia Environmental Sciences 8(2), 1240-1226.

[10] RBM, Elaborat o otadnim vodama pogona filtraže, Služba za ekologiju RBM-a, 2008.

[11] Zavod za javno zdravlje Timok, Izveštaj o analizama otpadnih i površinskih voda RBM-a, Zaječar, 2008-2012.

[12] Liu Y., Moy B., Kong Y., Tay J. (2010) Formation, physical characteristics and microbial community structure of aerobic granules in a pilot-scale sequ-

- encing batch reactor for real wastewater treatment, [Enzyme and Microbial Technology](#) **46**(6), 520–525.
- [13] Eriksson E., Auffarth K., Henze M., Ledin A. (2002) Characteristics of grey wastewater, [Urban Water](#) **4**(1), 85–104.
- [14] Koenig A., Kay J.N., Wan I.M. (2006) Physical properties of dewatered wastewater sludge for landfilling, [Water Science and Technology](#) **34**(3–4), 533–540.
- [15] Bustamante J., Pacios F., Díaz-Delgado R., Aragonés D. (2009) Predictive models of turbidity and water depth in the Doñana marshes using Landsat TM and ETM+ images, [Journal of Environmental Management](#) **90**(7), 2219–2225.
- [16] Naismith J. (2005) Membrane integrity–direct turbidity measurement of filtrate from MF membrane modules at an operating potable water treatment plant, [Desalination](#) **179**(1–3), 25–30.
- [17] Merzouk B., Gourich B., Sekki A., Madani K., Chibane M. (2009) Removal turbidity and separation of heavy metals using electrocoagulation–electroflotation technique: A case study, [Journal of Hazardous Materials](#) **164**(1), 215–222.
- [18] Belkacem M., Khodir M., Abdelkrim S. (2008) Treatment characteristics of textile wastewater and removal of heavy metals using the electroflotation technique, [Desalination](#) **228**(1–3), 245–254.
- [19] Jones A.B., O'Donohue M.J., Udy J., Dennison W.C. (2001) Assessing Ecological Impacts of Shrimp and Sewage Effluent: Biological Indicators with Standard Water Quality Analyses, [Estuarine, Coastal and Shelf Science](#) **52**(1), 91–109.
- [20] Lishma L.A., Legge R.L., Farquhar G.J. (2000) Temperature effects on wastewater treatment under aerobic and anoxic conditions, [Water Research](#) **34**(8), 2263–2276.
- [21] Yu R.F., Chen H.W., Cheng W.P., Shen Y.C. (2009) Application of pH-ORP titration to dynamically control the chlorination and dechlorination for wastewater reclamation, [Desalination](#) **244**(1–3), 164–176.
- [22] Yu H.Q., Fang H.P. (2003) Acidogenesis of gelatin-rich wastewater in an upflow anaerobic reactor: influence of pH and temperature, [Water Research](#) **37**(1), 55–66.
- [23] Saritpongteeraka K., Chaiprapat S. (2008) Effects of pH adjustment by parawood ash and effluent recycle ratio on the performance of anaerobic baffled reactors treating high sulfate wastewater, [Bioresource Technology](#) **99**(18), 8987–8994.
- [24] Lochmann R., Phillips H., Xie L. (2011) Effects of a dairy–yeast probiotic and water hardness on the growth performance, mineral composition and gut microflora of fathead minnow (*Pimephales promelas*) in recirculating systems, [Aquaculture](#) **320**(1–2), 76–81.
- [25] Tsogas G.Z., Dimosthenis L.G., Athanasios G.V. (2010) A fast assay of water hardness ions based on alkaline earth metal induced coacervation (HALC), [Talanta](#) **80**(5), 2049–2056.
- [26] EUR-Lex, Council Directive 98/83/EC of 3 November 1998 on the quality of water intended for human consumption, Official Journal L330, pp. 32, 1998, <http://eur-lex.europa.eu>.

ABSTRACT

pH VALUE AND CONCENTRATIONS OF TOTAL DRY RESIDUE AND SUSPENDED MATTER IN THE WASTEWATER OF THE MAJDANPEK COPPER MINE

The paper analyses the average annual values of the concentration of total dry residue, pH value and suspended matter in the wastewater of the Majdanpek Copper Mine. It has been shown that certain results exceed the values of the maximum permissible concentration defined by the relevant regulations of the Republic of Serbia. The obtained results were compared with the permissible concentration limits prescribed by the Regulation of the World Health Organization and Directive 98/83/EC of the European Union as well as with some well-known examples in the world. The paper proposes an adjustment to the settling basin in order to reduce the loss of copper concentrate in the form of suspended particles in the wastewater of the filtration plant by using coagulants.

Keywords: wastewater, dry residue, suspended particles, Majdanpek Copper Mine, Veliki Pek

Scientific paper

Received for Publication: 10. 02. 2014.

Accepted for Publication: 05. 05. 2014.