

PONOVNO KORIŠĆENJE OTPADNIH VODA

Milan R. Radosavljević, Vanja M. Šušteršič
Fakultet inženjerskih nauka, Katedra za energetiku
i procesnu tehniku, Kragujevac

DOI: 10.5937/vojtehg61-2023

OBLAST: hemijske tehnologije
VRSTA ČLANKA: prikaz

Sažetak:

Jedan od načina da se smanji uticaj nestašice voda, kao i smanjenje zagađenja voda je da se proširi upotreba prečišćene otpadne vode. Lokalni uslovi, uključujući propise, institucije, finansijske mogućnosti, tehnologiju i učešće zainteresovanih strana imaće veliki uticaj na odluke vezane za ponovnu upotrebu otpadnih voda. Može se primetiti da mora da se krene napred ka razvoju strategija i planova za ponovnu upotrebu otpadnih voda. Međutim, njihov uspeh i održivost će zavisiti od političke volje, svesti javnosti i aktivne podrške nacionalnih i međunarodnih agencija da stvore povoljno okruženje za promociju ekološki održive tehnologije.

Ključne reči: ponovno korišćenje otpadnih voda; zagađenje; otpadne vode.

Uvod

Problemi vezani za nestašicu i kvalitet vode sve više se prepoznaju kao jedan od neposrednih i ozbiljnih ekoloških pretnji čovečanstvu. Svaki šesti stanovnik nema redovan pristup bezbednoj vodi za piće. Nedostatak pristupa bezbednom snabdevanju vodom i postojanja kanalizacione mreže utiče godišnje na zdravlje 1,2 milijarde ljudi. Mnoge zemlje u Africi i Aziji imaju veoma nisku dostupnost vodi. Oko 80 zemalja sa oko 40% svetske populacije iskusilo je ozbiljne nestašice vode do sredine prošle decenije (<http://www.unep.or.jp>).

Prečišćene otpadne vode imaju dugu istoriju primene, pre svega u poljoprivredi, ali i u industriji i domaćinstvu. Loš kvalitet otpadnih voda može predstavljati značajan rizik po zdravlje poljoprivrednika, kao i korisnika tih poljoprivrednih proizvoda. Svetska zdravstvena organizacija (WHO) radi na izradi projekata za ponovnu upotrebu otpadnih voda u poljoprivredi.

Danas u Srbiji najveći zagađivači reka su neprečišćene industrijske i komunalne otpadne vode. U 2011. godini prečišćeno je za 10,3% više otpadne vode nego u 2010. godini.

Otpadne vode iz industrije u 2011. veće su za 10,3% u odnosu na 2010. godinu, dok je procenat prečišćenih otpadnih voda manji za 16,4%. Republički zavod za statistiku Republike Srbije raspolaže sledećim vrednostima o ukupnoj zapremini otpadnih voda i prečišćenih istih do određenog nivoa.

Tabela 1
Table 1

Otpadne vode Republike Srbije, 2009–2011
Wastewater Republic of Serbia, 2009–2011

Hiljada m ³	2009	2010	2011
Ukupne otpadne vode	3415309	3177513	3499157
Prečišćene otpadne vode	225400	210894	188509
Primarni tretman	172875	158190	138103
Sekundarni tretman	43274	44028	39861
Tercijarni tretman	9251	8676	10545

U 10 od 250 postojećih industrijskih postrojenja (U.S.Steel Smederevo, termoelektrana Kostolac, termoelektrana Nikola Tesla, fabrika električnih kablova u Jagodini, rudnici u Boru, Sjenici i kop Kolubara) u Srbiji, proizvede se 75% neorganske otpadne vode.

U tabeli 2 navedene su industrije u čijim se otpadnim vodama nalaze različiti metali (Dean, et al,1972, pp.518-522). Količine pojedinih metala zavise od tipa procesa u navedenoj industriji.

Tabela 2
Table 2

Metali koji se pojavljuju u otpadnim vodama različitih industrija
Metals that occur in wastewater

Industrija	Metali
Rudarstvo i obrada rude	Al, As, Cd, Hg, Mn, Mo, Pb, U, V
Metalurgija i galvanizacija	Ag, As, Be, Bi, Cd, Cr, Cu, Hg, In, Pb, Ni, W, Zn
Hemijska	As, As, Ba, Cd, Cr, Cu, Fe, Ga, Hg, Os, Pb, Sn, Ta, Ti, U, Zn
Boje i pigmenti	Al, As, Cd, Cu, Fe, Pb, Sb, Ti, Tl
Keramika i porculan	As, Cr, Sb, U
Legure	Be, In, Ga, Os, Pb, Ta
Stakla	As, Ba, Co, Ni, Ti, V
Papirna	Al, Cr, Cu, Hg, Pb, Ni, Ta, Ti, V
Farmaceutska	Al, Cu, Fe, Ga, Hg, Os, Ta
Tekstilna	Al, As, Ba, Cd, Cu, Fe, Hg, Pb, Ni, Sb
Nuklearna tehnologija	Be, Cd, In, U
Veštačka đubriva	Al, As, Cd, Cr, Cu, Fe, Pb, Ni, Zn, Hg, Mn
Rafiniranje petroleja	Al, As, Cd, Cr, Cu, Fe, Pb, Ni, Zn

Ispitivanja vršena u SAD-u pokazuju da se u rudničkim vodama nalazi veliki broj štetnih materija, koji mogu dospeti u površinske i podzemne vode (EPA, 1981; EPA, 1982).

Tabela 3

Table 3

Prosečan sadržaj štetnih i opasnih elemenata ($\mu\text{g/l}$) u rudničkim vodama iz ležišta uglja
Average content of harmful and dangerous elements ($\mu\text{g/l}$) in mine water from coal mines

Hemijski element	Površinski kopovi		Podzemna eksploatacija	
	Alkalne vode	Kisele vode	Alkalne vode	Kisele vode
pH	7,6	6	7,7	6
Fe	1520	45700	410	135000
Mn	820	17700	76	4900
As	3	210	5	23
Cd	14	98	14	6
Cr	42	187	49	30
Cu	20	150	14	82
Pb	2,9	323	72	51
Hg	1,09	1,3	0,7	0,51
Ni	115	2020	57	400
Zn	80	6620	56	510

U tabeli 4 date su vrednosti iskopane rude na godišnjem nivou, pri čemu može da se proračunom zaključiti da su ogromne potrebe rudnika za vodom. Na primer, rudnik koji prerađuje 10.000.000 t/god. potrebno je 23.000.000 t/god vode, koju je neophodno prečistiti jer iz tabele 3 možemo videti sadržaj štetnih i opasnih materija u rudničkim vodama.

Tabela 4

Table 4

Rudnici i količina iskopane rude
Mines and amount of ore mined

Rudnik	Ruda	Količina iskopane rude (t/god.)
Bor, Veliki Krivelj (SRB)	Cu	10.000.000
Majdanpek (SRB)	Cu	8.000.000
Srebrenica (BiH)	Pb-Zn	300.000
Rudnik (SRB)	Pb-Zn-Cu	260.000
Trepča (SRB)	Pb-Zn	1.000.000
Asarel (Bugarska)	Cu	10.000.000
Bučim (Makedonija)	Cu	3.000.000
Elascinte (Bugarska)	Cu	12.500.000

Zagađivači voda

Specifičan problem predstavljaju one industrijske grane, koje u sistem urbanih kanalizacija ispuštaju toksične i nerazgrađujuće materije. Direktni izvor zagađivanja voda su i poljoprivredne površine odakle se spiraju ili infiltriraju rastvorene supstance veštačkih đubriva (Rekalić, 1989).

Zavisno od porekla zagađivača i načina na koji prouzrokuju zagađenje, zagađivači se mogu svrstati u tri grupe na: hemijske (kiseline, alkali-je, razne soli, pesticide, deterdžente, fenole i druga organska jedinjenja, a prisutni su i teški metali iz grupe neorganskih jedinjenja), biološke (bakterije, virusi, alge, fekalije) i fizičke zagađivače (toplota, boja, miris, radioaktivnost, suspendovane čvrste materije, pesak, mulj).

U otpadne materije spadaju one materije koje se raspadaju pod dejstvom bakterija pri aerobnim uslovima, tj. u prisustvu kiseonika. U slučaju kada se ispuste velike količine ovakvih supstanci, dolazi do naglog smanjenja koncentracije kiseonika u vodi, pa čak i do njegove potpune potrošnje. Usled nedostatka kiseonika, dolazi do iščezavanja biljnog i životinjskog sveta u vodi. Pored toga, prestanak aerobnih uslova dovodi do pojave anaerobnih aktivnosti.

Zagađena voda je povoljna sredina za patogene mikroorganizme, naročito za one koji prouzrokuju stomačna oboljenja: tifus, paratifus, dizenteriju, koleru itd. Čistoća vode u pogledu ove vrste zagađenosti procenjuje se iz prisustva *Bacterium coli*.

Ispuštanje prekomernih količina jedinjenja koja sadrže ugljenik i jedinjenja azota, fosfora i kalijuma u vode dovodi do brzog povećanja biljnog sveta, što prouzrokuje usporavanje vodenih tokova i zapušavanje filtara u vodovodima. Od toga 70% fosfora potiče od natrijum-tripolifosfata ($\text{Na}_5\text{P}_3\text{O}_{10}$), koji se nalazi u praškovima za pranje kao omekšivač.

Pri sterilizaciji vode hlorom, dolazi do hlorisanja rastvorenih fenola, pri čemu se stvaraju hlorni derivati vrlo neprijatnog mirisa. Od sintetskih organskih supstancija najčešće učestvuju u zagađivanju vode deterdženti, razni insekticidi, fenoli, rastvarači, boje itd.

Mnogi insekticidi su u većoj ili manjoj meri škodljivi za ljude, a neki su čak i vrlo otrovni. Najčešće se koriste organohlorna, organofosforna jedinjenja i karbamati. Organofosforna jedinjenja i karbamati se razgrađuju u toku nekoliko nedelja, dok organohlorna jedinjenja ostaju nerazgrađena i više godina.

Prolivena nafta ne ostaje stalno na površini vode, iako ima manju gustinu. U toku nekoliko dana oko 25% lakših frakcija ispari, a ostatak gradi emulziju. Veći deo nafte se razgrađuje oksidacijom i pri tom se dobijaju naftenska kiselina, fenoli, karbonilna i druga toksična bolje rastvor- na jedinjenja. Nerazgrađeni ostatak gradi grudve koje se talože po morskoj obali. Naftne mrlje sprečavaju prodiranje svetlosti u vodu, zatim onemogućavaju aeraciju, oštećuje ptice, uništava alge i lišajevе na obali i samim tim predstavljaju otrovne supstancije za sav biljni svet u vodi.

Pri rastvaranju ruda u kiselinama obrazuju se kisele otpadne vode (pH-vrednost između 0 i 1), koje ispuštanjem u reke remete ravnotežu karbonata, bikarbonata, ugljene kiseline, koja reguliše pH-vrednost vode na 6,5-8,5. Smanjenjem pH-vrednosti ispod 6 dolazi do korozije, a ispod 4 do izumiranja biljnog i životinjskog sveta. Ovakve kisele vode najčešće sadrže

sumpurnu kiselinu i soli gvožđa. Povećanje saliniteta vode utiče na organizme u vodi i onemogućava primenu ovakve vode u poljoprivredi.

Radioaktivne supstance potiču od prerade rude, njihovog korišćenja u nuklearnim centralama (u slučaju većih havarija nuklearnih elektrana, odnosno radioaktivni otpaci iz instituta gde se koriste izotopi) i oružju, kao i radioaktivnih supstancija koje se koriste u medicini, industriji i istraživanju.

Suspendovani čvrsti materijali potiču od erozije ili od procesa separacije ugljeva, gline ili prahova. Oni pune kanale, rezervoare, pristaništa, utiču na smanjenje priraštaja riba, jer pokrivaju mrestilišta po dnu, sprečavaju prodiranje svetlosti, a time i proces fotosinteze, oštećuju turbine itd.

Toplota koja se stvara u toku industrijskih procesa, odvodi se hlađenjem vodom. Oko 70% vode koju koristi industrija služi za hlađenje. Ako se vruća voda ispusti u reke, ona utiče na smanjenje koncentracije rastvorenog kiseonika, ubrzava hemijske reakcije, utiče na promenu flore i faune u vodi i uništava ikru mnogih vrsta riba (Dalmacija, 2011).

Metode prečišćavanja otpadnih voda

Da bi se neželjeni efekti čovekove aktivnosti sveli na minimum, neophodno je obezbediti takva tehničko-tehnološka rešenja koja sa jedne strane treba da obezbede zadovoljavanje postojeće regulative i zakonske propise, sa mogućnošću njihove nadgradnje, u pravilu pooštavanja, a sa druge strane da obezbede ekonomski podnošljive sisteme gledano kroz investiciona ulaganja kao i operativne troškove (Jahić, 1990).

Kriterijumi za određivanje kvaliteta prečišćenih komunalnih otpadnih voda moraju da uzmu u obzir detaljnu analizu posmatranog sa aspekta zahteva Okvirne Direktive o vodama Evropske Unije (2000/60/EC, eng. Water Framework Directive), i ostalih Direktiva koje je EU do sada usvojila. U Republici Srbiji se mora uzeti u obzir Zakon o vodama (Sl. glasnik RS, br. 30/2010).

Mehaničko prečišćavanje

Mehaničkim postupkom prečišćavanja odstranjuju se iz zagađenih voda nerastvorene materije, kao i deo materija u koloidnom stanju. Kod mehaničkog prečišćavanja razlikujemo preliminarno i primarno prečišćavanje.

Preliminarno prečišćavanje podrazumeva uklanjanje krupnih suspendovanih i plivajućih čvrstih materija (drvo, papir, smeće, izlučevine i sl.) sa eventualnim potrebnim drobljenjem, zatim uklanjanjem težih neorganskih materija (pesak, šljunak, metalni delovi, staklo i sl.), kao i uklanjanje prekomernih količina ulja i masti.

Za preliminarno prečišćavanje koriste se grube i fine rešetke, drobilice, taložnici za pesak, bazeni za prethodnu aeraciju i separatori masti i ulja.

Masnoće, ukoliko se ne izdvoje, kasnije prave teškoće kod biološkog prečišćavanja jer formiraju nepropustljivu membranu. Zbog toga se separator masnoća, kao i peskolov, postavlja skoro na svakom postrojenju za prečišćavanje zagađenih voda jer se u njima mogu uvek naći masnoće iz fabrika za preradu mesa i prehrambenih industrija, kao i iz petrohemijskih i kožarskih fabrika.

Zadatak primarnog prečišćavanja sastoji se u tome da se procesom sedimentacije (taloženja) ukloni iz zagađene vode najveći deo taložnih čvrstih materija, kao i 40–60% suspendovanih materija. Primenom hemikalija – koagulanata, sedimentacijom se može odstraniti i veći deo koloidnih materija.

Hemikalije koje se najviše koriste su: aluminijum-sulfat, fero-sulfat sa krečom, feri-sulfat i feri hlorid sa ili bez kreča.

Ponekad se praktikuje da se u okviru preliminarno-primarnog prečišćavanja vrši tzv. predhlorisanje influenta, tj. hlorisanje radi odstranjivanja mirisa i poboljšanja sedimentacionih karakteristika zagađenog fluida.

Biološko prečišćavanje

Biološko ili sekundarno prečišćavanje zagađene vode ima za cilj da se u što većoj meri uklone biološki razgradive organske materije.

Biološki procesi prečišćavanja baziraju se na aerobnoj oksidaciji organskih materija, kao i na anaerobnoj razgradnji.

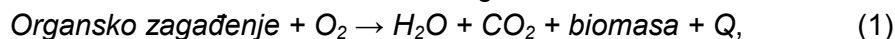
Uključivanjem živog sveta – bakterije i mikroorganizmi upotrebljavaju organske supstance iz zagađene vode kao hranu, pretvarajući ih pri tom u prostije i neškodljive gasove, odnosno učinak prečišćavanja u pogledu smanjenja sadržaja biološki razgradljivih materija, kao i suspendovanih materija značajno se poboljšava. Prisustvo organskog ugljenika je važan faktor za bakterije i mikroorganizme, jer predstavlja izvor energije, odnosno njegovom oksidacijom do CO₂ se oslobađa energija koja se može biohemijski iskoristiti ili deponovati (Mojović, 2004).

Objekti u kojima se vrši biološko prečišćavanje su: prokapni biofilteri, objekti sa aktivnim muljem, peščani filteri (polja filtracije) i stabilizacione lagune (kanali).

Za biološko prečišćavanje zagađene vode u aerobnim uslovima potrebna je velika površina za prenos kiseonika i dovođenje velike količine vazduha (kiseonika).

Za sve aerobne postupke obrade karakteristična je biološka transformacija koja se može prikazati sledećom jednačinom:

Aerobni mikroorganizmi



Proces anaerobne obrade otpadnih voda izvodi se uz pomoć anaerobnih mikroorganizama u anaerobnim uslovima vrenja. U toku anaerobne razgradnje organske materije proizvodi se gas čiji sastav i količina zavisi od vrste zagađenja i vrste primenjenog procesa anaerobne obrade. Mulj predstavlja suspenziju čvrste supstance suspendovane u vodi.

Anaerobini mikroorganizmi

Organsko zagađenje → $CO_2 + CH_4 + \text{novonastala mikrobna masa}$, (2)

Znatan deo energije akumulirane u organskom zagađenju prenosi se u nov oblik organske materije, metan, što predstavlja i osnovnu razliku u odnosu na aerobne procese.

Hemijsko prečišćavanje

U cilju bržeg i efikasnijeg taloženja zagađene vode primenjuje se hemijska koagulacija i flokulacija (Vitorović, 1990).

Hemikalije koje se najviše koriste su: aluminijum-sulfat, fero-sulfat sa krečom, feri-sulfat i feri-hlorid sa ili bez kreča.

Zapremina mulja koji se dobija hemijskom precipitacijom znatno je veća nego kod standardne primarne sedimentacije. Ovim putem se može redukovati 90% materija.

Dezinfekcija je hemijski tretman koji podrazumeva dodavanje dezinfekcionih sredstava efluentu radi deaktivacije patogenih mikroorganizama. Proces dezinfekcije najčešće je putem hlorisanja. Pored gasovitog hlora i čvrstih hipohlorita (kalcijum ili natrijum), upotrebljavaju se i hlor-dioksid, zatim hloramini i organska hlorna jedinjenja. Najčešće se upotrebljava čist hlor koji s vodom daje hipohlorastu kiselinu, jako oksidaciono sredstvo, a ova se razlaže dajući nascentni kiseonik koji uništava bakterije:



Laboratorijska praksa pokazuje da je dezinfekcija uspešna ako se u efluentu posle 15 minuta kontakta hlora sa vodom nađe 0,5 mg/l rezidualnog hlora.

Količina hlora potrebna da se obezbedi rezidualni hlor od 0,5mg/l, u većini efluenata primarne sedimentacije kreće se 12–25 mg/l. Doza 4–6 mg/l dovoljna je za sprečavanje neprijatnog mirisa. Normalno je da se počne sa prilično visokom dozom hlora (10 mg/l) za brzo uništavanje mirisa, i onda se postepeno doza smanjuje do potrebnog mirisa. Rezidualni hlor može imati negativne posledice na neke aplikacije na ponovnu upotrebu, kao što je navodnjavanje useva.

Ako voda sadrži fenole, pri upotrebi hlora njen ukus se veoma pokvari, što je posledica građenje hlornih derivata fenola. U ovakvim slučajevima je bolje da se pri dezinfekciji hlorom vodi dodaje i odgovarajuća količina amonijaka tako da se grade hloramini (monohlor-amin NH_2Cl), koji nisu tako reaktivni i ne daju fenolne derivate neprijatnog ukusa. Pored hlornih jedinjenja, za dezinfekciju se mogu primenjivati i druga sredstva. Ozon je dobro baktericidno sredstvo, deluje brzo i efikasno, a voda ostaje bez mirisa, boje i neprijatnog ukusa, jer je u pitanju jako oksidaciono sredstvo. Međutim, primena ozona ipak nije uobičajena zbog skupih instalacija za proizvodnju ozona, a sem toga, u slučaju nestanka električne struje koja je potrebna za proizvodnju ozona, onemogućena je dezinfekcija. Soli bakra i srebra imaju takođe baktericidno dejstvo. Cu(II) -sulfat se upotrebljava kao sredstvo protiv nekih vrsta algi (10-50 mg/l). Dezinfekcija se može vršiti i pomoću ultraljubičaste svetlosti. Međutim, zračenje je efikasno samo u tankim slojevima vode (30 cm), a sem toga, instalacije su skupe. Prednost dezinfekcije ultraljubičaste svetlosti jeste u tome što se ne kviri ukus i miris vode i što se ne može predozirati. Ona prodiru u ćelijski zid mikroorganizama i uništava sposobnost ćelije da se reprodukuju. Potreba da se pronađe ekološki pogodna zamena za primenu hlora i hipohlorita kao oksidacionih i dezinfekcionih materija u procesima prečišćavanja voda uslovlila je razvoj niza alternativnih postupaka čijom se primenom izbegava nastajanje rezidualnih hlornih jedinjenja i hloriranih organskih jedinjenja, koja su se pokazala veoma opasnim i štetnim po okolinu. Ferat (VI), zbog pogodnih fizičko-hemijskih osobina, kao što su visok oksidacioni potencijal samih ferata (VI) i kiseonika koji nastaje oksidacijom vode, i velike moći koagulacije gvožđe (III)-hidroksida, produkta redukcije ferata (VI), pokazao se kao vrlo efikasno i ekološki prihvatljivo oksidaciono, dezinfekciono i koagulaciono sredstvo u veoma različitim oblastima primene (Sharma, et al, 2005, pp.45-58). Efikasno se može primeniti u postupcima hemijskih sinteza kao vrlo snažan oksidans, kao jako dezinfekciono sredstvo za uništavanje patogenih organizama, kao sredstvo za koagulaciju, flokulaciju i razgradnju otrova hemijskog i biološkog porekla, za uklanjanje teških metala iz voda i otpadnih voda, za uklanjanje radioaktivnih elemenata iz radioaktivnih otpadnih voda i slično tome (Sharma, et al, 2005, pp.45-58), (Jiang, Lloyd, 2002, pp.1397-1408).

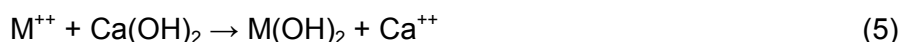
Ferat (VI), za razliku od hlora ili kiseoničkih jedinjenja hlora (koji se u prečišćavanju vode za piće primenjuju u više od 90% slučajeva), ne gradi u procesima tretmana voda štetna jedinjenja po ljude i biosferu, kao što su izuzetno štetna hlor-organska (na primer, trihlormetan), ili sa jonima broma, kancerogena bromna jedinjenja, bromate. Pokazano je da primenom uobičajenih dezinfekcionih sredstava za tretman voda, tj. hlornih jedinjenja i ozona, može nastati i do 500 produkata štetnih po ljudsko zdravlje (Sharma, 2007, pp.225-232), (Čekerevac, i dr, 2010, pp.423-430).

Tako se primenom ferata (VI) može efikasno smanjiti koncentracija prisutnih teških metala, Mn^{2+} , Cu^{2+} , Pb^{2+} , Cd^{2+} , Cr^{3+} i Hg^{2+} , u zagađenim vodama i svesti na niske vrednosti, u granicama od 10 do 100 mg/dm^3 , zavisno od tretiranog metala.

Fenoli, česti i veliki zagađivači otpadnih i rečnih voda, mogu se tretmanom vode hlorom, hipohloritom ili ozonom samo delimično ukloniti, dok se tretmanom feratom (VI) koncentracije 0,1–2,0 mg/dm^3 tokom 30 min, pri $pH > 8$ i na temperaturi 25°C, mogu razložiti i do 100%.

Postupci za uklanjanje teških metala je prevođenje u nerastvorna jedinjenja, taloženjem sa pogodnim sredstvom. Najčešće se prevode u hidrokside, sulfide, a neki metali u karbonate.

Teški metali (M) se prevode u nerastvorne hidrokside sa $Ca(OH)_2$ ili NaOH.



Efikasnost prečišćavanja je velika (preostala koncentracija M je obično manja od 1 mg/l , a u nekim slučajevima manja je i od 0,1 mg/l). Efikasnost prečišćavanja zavisi pre svega od pH , pošto je većina hidroksida amfoterno.

Teški metali (M) se mogu efikasnije istaložiti kao sulfidi, čija je rastvorljivost daleko manja od hidroksida i nisu amfoterni kao hidroksidi. Za prevođenje metala u sulfide koriste se rastvoreni sulfidi, obično natrijum-sulfid ili natrijumbisulfid, ili slabo rastvorni sulfidi, najčešće fero-sulfid.



Ozbiljni nedostaci postupka taloženja metala sulfidima su nastajanje toksičnog gasovitog H_2S i višak sulfida u određenoj otpadnoj vodi koji takođe mora da se uklanja. Ovi nedostaci mogu se u velikoj meri kompenzovati vođenjem postupka na pH preko 8 i preciznom kontrolom dodavanja sulfida.

Teški metali (Cd i Pb) se iz otpadne vode mogu ukloniti kao karbonati. Za taloženje se koristi obično Na_2CO_3 .



Prednost taloženja sa karbonatima je rad na nižim pH -vrednostima, tako da nije potrebno kasnije neutralizacija određene otpadne vode (za taloženje Cd i Pb kao hidroksida pH mora biti preko 10, a kao karbonata $pH=7,5-8,5$).

Upotreba otpadnih voda

Praksa korišćenja otpadnih voda razlikuje se od zemlje do zemlje. Njena primena i tehnologija koja će se promenivati, značajno zavisi, ali se i razlikuje u funkciji od društveno-ekonomskih okolnosti, industrijske strukture, klime, kao i spremnosti politike jedne države (Gaćeša, Klašnja, 1994).

Ponovna upotreba voda za navodnjavanje poljoprivrednih kultura

Od 41% reciklirane vode u Japanu, 60% u Kaliforniji (SAD), a 15% u Tunisu se koristi za navodnjavanje poljoprivrednih kultura. U Kini najmanje 1,33 miliona hektara poljoprivrednog zemljišta navodnjava se sa netretiranom ili delimično tretiranom otpadnom vodom (<http://www.eolss.net>). Poljoprivredno navodnjavanje je od ključnog značaja za poboljšanje kvaliteta i kvantiteta proizvodnje. Do 2025, očekuje se da poljoprivreda poveća svoje zahteve za vodom za 1,2 puta (<http://www.unep.or.jp>).

Ako otpadne vode potiču iz industrijskih izvora, prisustvo toksičnih hemikalija, soli, odnosno teških metala može da ograniči ponovnu upotrebu. Takav materijal može promeniti svojstva zemljišta i može uticati na rast useva, tako da bi odgovarajući tretman i nadzor trebalo da se praktikuje.

Reciklirane vode koje su važne za poljoprivredu moraju da sadrže azot, kalijum, cink, bor i sumpor. Međutim, višak azota može dovesti do pojave rastinja, odložene zrelosti useva i loš kvalitet. Bor je suštinski element za rast biljaka, dok višak bora postaje toksičan.

Tunis je jedna od retkih zemalja koja ima razrađenu nacionalnu politiku koju sprovodi za ponovnu upotrebu otpadnih voda. Od 1960. godine, otpadna voda u Tunisu se koristi za navodnjavanje voćnjaka. Od 1989, posle sekundarnog tretmana, otpadna voda se koristi za uzgoj raznih vrsta useva (maslina, stočne hrane, pamuka itd.), osim za uzgoj povrća.

U zemljama kao što su Maroko, Jordan, Egipat, Malta, Kipar i Španija, koriste se ili se razmatraju mogućnosti korišćenja otpadnih voda za navodnjavanje, dok je u Izraelu, procenat upotrebe otpadnih voda za navodnjavanje najviši u regionu, sa 24,4%, a trebalo da bude povećana na 36% u narednom periodu (<http://www.eolss.net>).

Socijalno–ekonomski uslovi, u zavisnosti od države, mogu biti različiti, počevši od nestašice novca za kapitalne investicije. Zato su novčana sredstva EU veoma važna za države kao što su na pr. Grčka ili Srbija.

Egipat, Jordan, Tunis, Palestina, Maroko, Sirija predstavljaju grupu zemalja sa velikom potrebom ponovnog korišćenja otpadnih voda, ali preovlađuje ekonomski problem, ograničena iskustva, neadekvatna infrastruktura uključujući odvodne kanale i tretman fabričkih otpadnih voda.

Stroge standarde za ponovnu upotrebu voda, kao što su standardi u Kaliforniji i u drugim državama SAD-a (USEPA 1992), nije lako postići.

Direktiva WHO je manje stroga, odnosno ona definiše tretman otpadnih voda za navodnjavanje useva, naročito u zemljama u razvoju.

Države koje su članice EU, kao što je Grčka, mogu da očekuju da im se obezbede finansijska sredstva kako bi unapredili zaštitu zdravlja i kako bi sprovele određene zakone i regulative (Andreadakis, et al, 2001), 7th Conference on Environmental Science and Technology, Greece, September nd).

Tabela 5

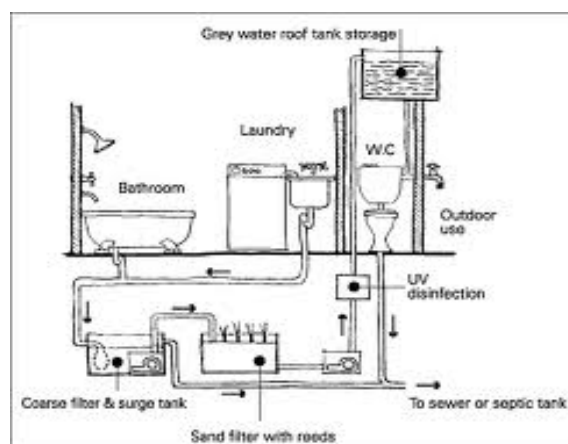
Table 5

Aktuelna regulativa za ponovnu upotrebu otpadnih voda za navodnjavanje poljoprivrednih useva
Current regulations for the reuse of wastewater for irrigation of agricultural crops

Zemlja	Glavna odlika
SAD	200 FC/100mL + rezidualni hlor u zavisnosti od kulture
Kipar	50–100 FC/100mL i 200–1000 FC/100mL, za površine sa neograničenim javnim pristupom, i navodnjavanjem useva sa ograničenim javnim pristupom
Izrael	120–250 FC/100mL. Regulativa za BOD i rezidualni hlor
Španija	Manje od 1000 FC/100mL i manje od 1 nematode (valjkasti crv) po litru
Saudijska Arabija	22–100 and 23–200 FC/100mL za neograničeno i ograničeno navodnjavanje. Izazivači crevne infekcije, nematode 1 po litru
Tunis	Crevne infekcije (valjkasti crvi) prisutni manje od 1 po litru

Ponovna upotreba otpadnih voda iz domaćinstava

Siva voda je voda koja se dobija od uobičajenih aktivnosti u jednom domaćinstvu kao što je brijanje, tuširanje i pranje veša. Obzirom da sive vode predstavljaju 50-80% uobičajene potrošnje vode u domaćinstvu, ekolozi smatraju da je njeno ispuštanje u kanalizaciju, bacanje i propuštanje mogućnosti za očuvanje resursa. Ona se može lako zadržati, tretirati na licu mesta, i ponovo koristiti za vodu kotliče i zalivanje, za koje se uobičajeno koristi pijaća voda.



Slika 1 – Šema sistema za tretman sive vode u domaćinstvima
Figure 1 – Scheme of the system for the treatment of gray water in homes

Sistemi koji se koriste za prečišćavanje i dezinfekciju, zavise od država i od propisa koje tretirana voda mora da ispuni. U Australiji nije dozvoljeno da se voda iz kuhinja tretira kao siva voda jer sadrži ostatke hrane, a samim tim mogu biti prisutni i patogeni organizmi, što otežava proces prečišćavanja. U drugim državama je zabranjena ponovna upotreba sivih voda iz veš-mašina, jer u njima mogu biti prane pamučne pelene, pa bi ova voda bila zagađena fekalijama bez obzira što nema kontakta sa glavnom fekalnom kanalizacijom.

U Kaliforniji godinama se koristi tretirana siva voda za navodnjavanje bašta, a istraživanja su pokazala da njihovom upotrebom ne dolazi do pojave zdravstvenih problema.

Ponovna upotreba sivih voda znači manju potrošnju energije i manju primenu hemikalija u pogonima za prečišćavanje voda, što je značajna prednost za zajednicu, odnosno domaćinstva će trošiti znatno manje novca za račune za vodu.

Ponovna upotreba otpadnih voda iz industrije

U industriji voda se koristi za: hlađenje, industrijske procese i napajanje parnih kotlova (Radovanović, 1989).

Kod prečišćavanja industrijskih otpadnih voda se u principu razlikuju dva pristupa: predtretman otpadnih voda koji se mora sprovesti radi zadovoljavanja kriterijuma koji su propisani pri ispuštanju u javne kanalizacije i jedinstveno prečišćavanje otpadnih voda (bez mešanja sa otpadnim vodama domaćinstva) radi zadovoljavanja propisanih kriterijuma za efluent koji se sme ispuštati u određeni vodoprijemnik.

Sve češće je slučaj da industrijske vode preduzeća ispuštaju svoje otpadne vode u gradsku kanalizaciju, pošto ih prethodno delimično prečiste do potrebnog nivoa, gde se one mešaju sa otpadnim vodama iz domaćinstava i potom konačno prečišćavaju u istom postrojenju.

Sastav vode za parne kotlove je od vrlo velike važnosti jer i najmanja smetnja u parnom kotlu može izazvati poremećaj u čitavom industrijskom procesu. Kvalitet vode za parne kotlove zavisi od vrste postrojenja, od pritiska pare koja se proizvodi i od toga za šta će se para upotrebiti. Voda treba da je takvog kvaliteta da u kotlu ne ostavlja taloge i kore, da ne deluje koroziono, da čistoća proizvedene pare odgovara nameni, voda ne treba da sadrži supstance koje bi izazvale penušanje (masti, ulja i neke druge organske supstance) i treba da je slabo alkalna (pH = 7-9,5).

Industrijske vode, u zavisnosti od procesa u industriji, mogu da se prečiste do određenog stepena. Pri ispuštanju u prirodni vodeni sistem moraju biti zadovoljeni principi na kojima se zasniva sistem graničnih vrednosti važnijih parametara otpadnih voda, razrađen od strane „Udruženja za otpadne vode“ iz Savezne Republike Nemačke, a iste su prikazane u tabeli 6.

Tabela 6
Table 6

Granične vrednosti parametara otpadnih voda – Savezna Republika Nemačka
Limit values of the parameters – Germany

1. Opšti parametri	
Temperatura	Do 35°C
pH	Od 6,5 - 10
2. Ulje i masnoće koje se mogu saponifikati	250 cm ³ /dm ³
3. Ukupni ugljovodonici	20 cm ³ /dm ³
Halogenovani ugljovodonici	5 mg ³ /dm ³
4. Neorganske materije – metali (rastvorene i nerastvorene)	
Arsen (As)	1 mg/dm ³
Olovo (Pb)	2 mg/dm ³
Kadmijum (Cd)	0,5 mg/dm ³
Šestovalentan hrom (Cr ⁶⁺)	0,5 mg/dm ³
Trovalentan hrom (Cr ³⁺)	3 mg/dm ³
Bakar (Cu)	2 mg/dm ³
Nikal (Ni)	3 mg/dm ³
Živa (Hg)	0,05 mg/dm ³
Selen (Se)	1 mg/dm ³
Cink (Zn)	5 mg/dm ³
Kalaj (Sn)	5 mg/dm ³
Kobalt (Co)	5 mg/dm ³
Srebro (Ag)	2 mg/dm ³
Barijum (Ba)	4 mg/dm ³
Titan (Ti)	5 mg/dm ³
Natrijum (Na)	500 mg/dm ³
Aluminijum i gvožđe (Al, Fe)	Bez ograničenja sve dok ne prouzrokuje poteškoće na postrojenju za prečišćavanje
5. Neorganske materije – nemetali (rastvorene)	
Amonijak jon i amonijak, (NH ₄ ⁺), (NH ₃)	200 mg/dm ³
Nitrit, samo u slučaju veće količine, (NO ₂ ⁻)	20 mg/dm ³
Cijanidi, koji se lako oslobađaju, (CN ⁻)	1 mg/dm ³
Cijanidi, ukupno	20 mg/dm ³
Fluoridi (F ⁻)	60 mg/dm ³
Sulfati (SO ₄ ²⁻)	600 mg/dm ³
Sulfidi (S ²⁻)	2 mg/dm ³
Hloridi (Cl ⁻)	250 mg/dm ³
Slobodan hlor, (Cl ₂)	5 mg/dm ³
6. Organske materije	
Fenoli, koji isparavaju sa vodenom parom (kao C ₆ H ₅ OH); boje	100 cm ³ /dm ³ , samo u koncentraciji koja ne dovodi do obojenja vode vodoprijemnika, nakon prečišćavanja otpadnih voda na centralnom postrojenju
7. Materije koje se spontano oksiduju	
Npr. natrijum-sulfat, fero-sulfat i sl.	Samo u koncentraciji koja ne dovodi do anaerobnog stanja u javnoj kanalizaciji

Regulativa (MDK)

O graničnim vrednostima ispuštanja opasnih materija u vodama i o pravilima njihove primene govori Uredba 28/2004 Ministarstva za zaštitu životne sredine (Republika Mađarska), a osnovne vrednosti su prikazane su u tabeli 7:

Tabela 7

Table 7

Granične vrednosti ispuštanja opasnih materija u vodama i o pravilima njihove primene
Limit values for discharge of hazardous substances into waters and the rules about their application

Pokazatelj	Upuštanje povremenog karaktera	Kontinualno ispuštanje u gradsku kanalizaciju
pH	Ispod 6,5 iznad 10mg/l	Ispod 6,5 iznad 10mg/l
Zagađenje	mg/l	mg/l
HPK	1000	1000
BPK ₅	500	500
Ukupan neorganski azot	120	120
Ukupan azot	150	150
Amonijak-amonijačni azot	100	100
Taložne materije	150	150
Ukupan fosfor	20	20
Ekstrat sa organskim rastvaračem (ulja, masnoća)	50	50
Mineralna ulja	5	10
Fenoli	5	10
Katran	1	5
Ukupno gvožđe	10	20
Ukupno mangan	5	5
Sulfid	0,5	5
Sulfat	400	400
Aktivni hlor	30	30
Ukupne soli	2500	2500
fluoridi	20	50
Opasne i toksične materije		
Ukupan arsen	*	0,2
Ukupan barijum	*	0,5
Cijanidi-lako isparljivi	0,1	0,1
Ukupni cijanidi	1	1
Ukupno srebro	*	0,2
Ukupna živa	*	0,05
Ukupan cink	*	2
Ukupan kadmijum	*	0,1
Ukupan kobalt	*	1
Hrom VI	*	0,5
Ukupan hrom	*	1
Ukupno olovo	*	0,2
Ukupan kalaj	*	2
Ukupan bakar	*	2
Ukupan nikal	*	1
molibden	*	2
BTEX (benzol, toluol, etilbenzol, ksilol)	*	0,1
Organski rastvarač	*	0,1
Azbest	30	30

U Republici Srbiji granična vrednost emisije za komunalne otpadne vode koje se ispuštaju u površinske vode je sledeća (tabela 8), dok GVE prečišćenih otpadnih voda koje se ispuštaju u površinske vode, a koje se koriste za kupanje, rekreaciju itd., predstavljeni su u tabeli 9.

Tabela 8
Table 8

Granična vrednost emisije za komunalne otpadne vode koje se ispuštaju u površinske vode
Emission limits for municipal wastewater discharged into surface waters

Parametar	GV	Najmanji % smanjenja
a. GVE na uređaju drugog stepena prečišćavanja		
BPK ₅ na 20 °C	25 mg/l O ₂ 40 mg/l O ₂	70-90
HPK	125 mg/l O ₂	75
Ukupne suspendovane materije	35 mg/l	90
	60 mg/l	70
b. GVE na uređaju trećeg stepena prečišćavanja		
Ukupan fosfor	2 mg/l P	80
	1 mg/l P	
Ukupan azot	15 mg/l N	70-80
	10 mg/l N	

Tabela 9
Table 9

GVE prečišćenih komunalnih otpadnih voda koje se ispuštaju u površinske vode, a koje se koriste za kupanje i rekreaciju, vodosnabdevanje i navodnjavanje
Emission limit values of treated municipal wastewater discharged into surface waters, which are used for swimming and recreation, water supply and irrigation

Parametar	Jedinica mere	GV
Koliformne bakterije	broj u 100 ml	10000
Koliformne fekalnog porekla	broj u 100 ml	2000
Streptokoke fekalnog porekla	broj u 100 ml	400

Regulativa u Srbiji koja se koriste za vode koje služe za navodnjavanje tj. vrednost maksimalno dozvoljene koncentracije opasnih i štetnih materija, objavljena je u Sl. glasniku RS, br. 23, 1994, str. 553 (tabela 10).

Tabela 10
Table 10

MDK opasnih i štetnih materija u vodi za navodnjavanje u bivsoj Jugoslaviji
Maximum permissible value of hazardous and harmful substances in water for irrigation in former Yugoslavia

Hemijski element	MDK u vodi (mg/l)
Cd	0,01
Pb	0,1
Hg	0,001
As	0,05
Cr	0,5
Ni	0,1
F	1,5
Cu	0,1
Zn	1
B	1

U tabeli 11 su prikazani parametri koji prelaze propisane vrednosti tj. MDK u površinskim vodama Republike Srbije.

Tabela 11
Table 11

Vrednost nekih parametara koji ekstremno prelaze MDK vrednosti u površinskim vodama Republike Srbije
Value of some parameters exceeding the MDK to extreme values in the surface waters of the Republic of Serbia

Reka	BPK (mgO ₂ /l)	Fenoli (mg/m ³)	NH ₃ (mgN/l)
Stari Begej	324	651	
Tamiš	108	198	39
Kanal DTD	288	107	
Crnica	89		
Lugomir	162		
Belica	103		
Južna Morava	76	209	
Ibar		68	

Zaključak

Iz navedenih podataka, prezentovanja količina, načine tretmana, upotreba prečišćenih otpadnih voda, poređenja regulativa, može se zaključiti da bi se dostigli standardi razvijenih zemalja, potreban je dug vremenski period, stručan kadar, kako bi otpadne vode Republike Srbije bile prečišćene do odgovarajućeg nivoa i kao takve bi pronašle odgovarajuću primenu, a takođe bi se uštedeli postojeće resurse.

Literatura

Andreadakis, A., Gavalaki, E., Mamais, D., Tzimas, A., 2001, Wastewater reuse criteria in Greece, *Selected from papers presented at the 7th Conference on Environmental Science and Technology*, Ermoupolis, Syros island, Greece, September nd.

Čekerevac, M., Nikolić-Bulatović, Lj., Mirković, M., Popović, N., 2010, Pri-
mena ferata (VI) sintetizovanog elektrohemijom postupkom u procesima preči-
šćavanja otpadnih voda, *Hemijska industrija* 64 (5) pp.423-430.

Dalmacija, B., 2011, Zagađivanje voda u Srbiji (otpadne vode), *Seminar za novinare, Upravljanje životnom sredinom*, Novi Sad, nd.

Dean, J.D., Bosqui, F.L., Lanouette, K.H., 1972, Removing Heavy Metals from Waste Water, *Environmental Science & Technology* 6 pp. 518-522.

Gaćeša, S., Klašnja, M., 1994, *Tehnologija vode i otpadnih voda*, Beograd, Jugoslovensko udruženje pivara.

Jahić, M., 1990, *Prečišćavanje zagađenih voda*, Novi Sad, Naučno obrazovni institut za uređenje voda, Poljoprivredni fakultet.

Jiang, J.Q., Lloyd, B., 2002, Progress in the development and use of ferrate (VI) salt as an oxidant and coagulant for water and wastewater treatment, *Water Res.* 36 pp.1397-1408.

Mojović, Lj., 2004, *Biološka obrada otpadnih voda*, Beograd, Tehnološko-metalurški fakultet.

Radovanović, M., 1989, *Pogonske materije, II deo - industrijska voda*, Beograd, Mašinski fakultet.

Rekalić, V., 1989, *Analiza zagađivača vazduha i vode*, Beograd, Tehnološko-metalurški fakultet.

Sharma, V.K., 2007, Disinfection performance of Fe (VI) in water and wastewater: A review, *Water Sci. Technol.* 55 pp. 225-232.

Sharma, V.K., Kazama, F., Jiangyong, H., Ray, A.K., 2005, Ferrates (iron VI and iron V) – environmentally – friendly oxidants and disinfectant, *Jornal of Water Health* 3 pp. 45-58.

Vitorović, D., 1990, *Hemijska tehnologija*, Beograd, Naučna knjiga.

<http://www.eolss.net>

<http://www.unep.or.jp>

WASTEWATER REUSE

FIELD: Chemical Technology

ARTICLE TYPE: Review

Summary:

Water scarcity and water pollution are some of the crucial issues that must be addressed within local and global perspectives. One of the ways to reduce the impact of water scarcity and to minimize water pollution is to expand water and wastewater reuse. The local conditions including regulations, institutions, financial mechanisms, availability of local technology and stakeholder participation have a great influence on the decisions for wastewater reuse.

The increasing awareness of food safety and the influence of the countries which import food are influencing policy makers and agriculturists to improve the standards of wastewater reuse in agriculture. The environmental awareness of consumers has been putting pressure on the producers (industries) to opt for

environmentally sound technologies including those which conserve water and reduce the level of pollution.

It may be observed that we have to move forwards to implement strategies and plans for wastewater reuse. However, their success and sustainability will depend on political will, public awareness and active support from national and international agencies to create favorable environment for the promotion of environmentally sustainable technologies.

Wastewater treatment has a long history, especially in agriculture, but also in industry and households. Poor quality of wastewater can pose a significant risk to the health of farmers and users of agricultural products. The World Health Organization (WHO) is working on a project for the reuse of wastewater in agriculture.

To reduce effects of human activities to the minimum, it is necessary to provide such technical and technological solutions that would on the one hand ensure complying with the existing regulations and legislation, and on the other hand provide economically viable systems as seen through investments and operating costs.

The use of wastewater

The practice of using wastewater varies from country to country. Its application and technology applied are significantly dependent on socio-economic circumstances, industry structure, climate and politics.

Reuse of water for irrigation of agricultural crops

Forty-one percent of the recycled water in Japan, 60% in California (USA), and 15% in Tunisia is used for irrigation of crops. In China, at least 1.33 million hectares of agricultural land is irrigated with untreated or partially treated wastewater (<http://www.eolss.net>). Agricultural irrigation is essential to improve the quality and quantity of production. By 2025, agriculture is expected to increase its water requirements by 1.2 times (<http://www.unep.or.jp>).

If wastewater originates from industrial sources, the presence of toxic chemicals, salts and heavy metals may limit its reuse. Such materials can change soil properties and may affect the growth of crops, so that appropriate treatment and supervision should be practiced.

Recycled water that is important for agriculture must contain nitrogen, potassium, zinc, boron and sulfur. However, excess nitrogen can lead to overgrowth, delayed crop maturity and poor quality. Boron is an essential element for plant growth, and the excess boron becomes toxic.

Tunisia is one of a few countries that have implemented a national policy for the reuse of wastewater. Since 1960., the wastewater in Tunisia has been used for irrigation of orchards. Since 1989, after a secondary treatment, the wastewater has been used for

the cultivation of various crops (olives, fodder, cotton, etc.), except for growing vegetables.

In countries such as Morocco, Jordan, Egypt, Malta, Cyprus and Spain, wastewater is either used or being considered for irrigation, while in Israel, the percentage of the use of wastewater for irrigation is the highest in the region, with 24.4% and should be increased to 36% in the future (<http://www.eolss.net>).

Depending on the country, socio-economic conditions, may be different, starting from the shortage of money for capital investments. Therefore, the EU funds are very important for the countries such as Greece and Serbia.

Egypt, Jordan, Tunisia, Palestine, Morocco and Syria represent a group of countries with a high need for the reuse of wastewater, but also with prevailing economic problems, limited experience, inadequate infrastructures, including sewers and wastewater treatment factories.

Strict standards for the reuse of water such as the standards in California and other states in the U.S.A. (USEPA 1992), are not easy to achieve. The WHO directive is less severe, and it defines the treatment of wastewater for irrigation of crops, especially in developing countries.

The countries that are the EU members, such as Greece, can expect to be provided with funding to improve health and to implement certain laws and regulations (Andreadakis A. et al., 2001, 7th Conference on Environmental Science and Technology, Greece, September nd)

Reuse of wastewater from households

Gray water is water that comes from common household activities such as shaving, showering and washing machines. Since graywater represents 50-80% of common household water consumption, environmentalists believe that its discharge into drains is a waste and a missed opportunity to use such a resource. It can easily be captured, treated on site and reused in toilets and for landscaping, instead of commonly used drinking water.

Systems used for purification and disinfection depend on countries and requirements that treated water must meet. In Australia, it is not allowed to treat water from the kitchen as gray water because of the presence of food, i.e. possible and therefore may be present pathogenic organisms which make the purification process difficult. Some other states prohibit the reuse of gray water from washing machines- since cloth diapers can be washed in them, the water can be contaminated with faeces despite no contact with the main sewage drains.

In California, treated gray water has been used for garden irrigation for years, and studies have shown that its use does not cause health problems.

Reuse of gray water means less energy consumption and less chemicals in wastewater treatment plants, which is good for the community, i.e. households will be spending significantly less money on water bills.

Reuse of wastewater from industry

In industry, water is used in refrigeration, industrial process and power boilers.

In the purification of industrial wastewater two approaches are generally distinguished: a pretreatment of wastewater that must be implemented to meet the criteria for its discharge into public sewers and a singular wastewater treatment (without interference from household waste) to meet the criteria for effluent to be discharged.

More and more frequently companies release their waste into urban sewage, having previously partially refined it to the level where it is mixed with wastewater from households and then finally purified in the same installation. The composition of water for steam boilers is of very great importance, because the slightest disturbance in the steam boiler can cause a disturbance in the entire industrial process. The quality of water for steam boilers depends on the type of a plant, steam pressure and the purpose for which steam is used. Water should be of such quality that it does not leave residues and deposits and it should not have a corroding effect. The purity of produced steam should correspond to the purpose of the steam in question. Water should not contain substances that could cause foaming (fats, oils and other organic substances) and should be slightly alkaline (pH = 7 to 9.5).

Industrial water, depending on the processes in the industry, can be purified up to a certain degree. When discharged into natural water systems, it must meet the principles underpinning the system of the limit values of major wastewater parameters, developed by The Association for wastewater from the Federal Republic of Germany and presented in Table 6.

Conclusion

The data presented here, including quantities, methods of treatment, use of treated wastewater and different regulations, lead to a conclusion that in order to reach the standards of developed countries, the Republic of Serbia needs experts and a long time period to treat its wastewater to an adequate level for its reuse as well as for the sparing use of its water sources in general.

Key words: reuse wastewater; pollution; wastewater.

Datum prijema članka/Paper received on: 21. 05. 2012.

Datum dostavljanja ispravki rukopisa/Manuscript corrections submitted on:
12. 02. 2013.

Datum konačnog prihvatanja članka za objavljivanje/ Paper accepted for publishing on:
14. 02. 2013.