



TRETMAN INDUSTRIJSKIH OTPADNIH VODA U CILJU ODRŽIVOG RAZVOJA

Aida Varupa, MA, e-mail aida.varupa@iu-travnik.com, aida-bugojno@live.com

Internacionalni univerzitet Travnik u Travniku, Bosna i Hercegovina

Sažetak: Riječni slivovi, jezera, mora predstavljaju posebne ekosisteme, pa je i njihova ugroženost od posebnog značaja za akvatičnu biocenozu i ostale prirodne cikluse. U stalnom kružnom toku zagađivača u životnoj sredini može se reći da su površinske vode mnogo pogođene ali ni okeani nisu mnogo pošteđeni. Posljedice se ogledaju u zatrovanoj vodi, poremećenom hemizmu, uništavanju biocenoze, nemogućnost samoprečišćavanja, nagomilanim i suspendovanim materijama, nataloženim na dnu korita. Za održavanje živog svijeta u vodama neophodna je i prirodna ravnoteža hemizma sredine i međusobnih odnosa raznih populacija i zajednica. Unošenjem zagađujućih materija ravnoteža se remeti jer mikroorganizmi koji prečišćavaju vodu ili se prekomjerno razvijaju ili bivaju uništeni. Koncept održivog razvoja i upravljanja vodnim resursima u suštini predstavlja proces optimalnog razvoja u datom trenutku. Iskustva su pokazala da sektorsko razmišljanje u procesu upravljanja vodama ne može odgovoriti na adekvatan način postavljenim dilemama.

Ključne riječi: vodeni ekosistemi, zagađujuće materije, održivi razvoj

TREATMENT INDUSTRIAL WASTE WATER FOR PURPOSE OF SUSTAINABLE DEVELOPMENT

Abstract: River basins, lakes, seas are special ecosystems is their vulnerability of particular importance for aquatic biota and other natural cycles. The permanent round about pollutants in the environment can be said that the surface water affected by many but not many oceans are not spared. The consequences are reflected in the poisoned water, disturbed the chemistry, the destruction of biocenoses, the impossibility of self-purification, piled up and suspended solids, deposited on the bottom of the riverbed. For the maintenance of wildlife in the water is essential and the natural balance of the chemistry community and relationships of various populations and communities. By entering pollutant balance is disruptive because microorganisms purify water or over-developed or are destroyed. The concept of sustainable development and management of water resources is essentially a process of optimum development at a given time. Experience has shown that sector thinking in the process of water management can't respond adequately issues.

Key words: aquatic ecosystems, pollutants, sustainable development

Uvod

Povećana količina zagađujućih materija u vodi ima za posljedicu potrošnju kiseonika što onemogućava život drugim vodenim vrstama biocenoze a njihovo uništavanje onemogućava obnovu kiseonika. Od vrste bakterija i zagađivača koji dominiraju, zavisice dalji kvalitet voda. Najčešće zagađujuće materije su sumporna jedinjenja, živa, fosfati, nitrati i organska jedinjenja. Sumporna jedinjenja su čest sastojak površinskih voda, u njih dospjevaju iz industrijskih otpadnih voda, slivanjem sa zemljištai iz atmosfere iz kiselih kiša. Kada se nađu u vodi mogu da budu razložena od nekih vrsta bakterija kojima služe kao hrana.

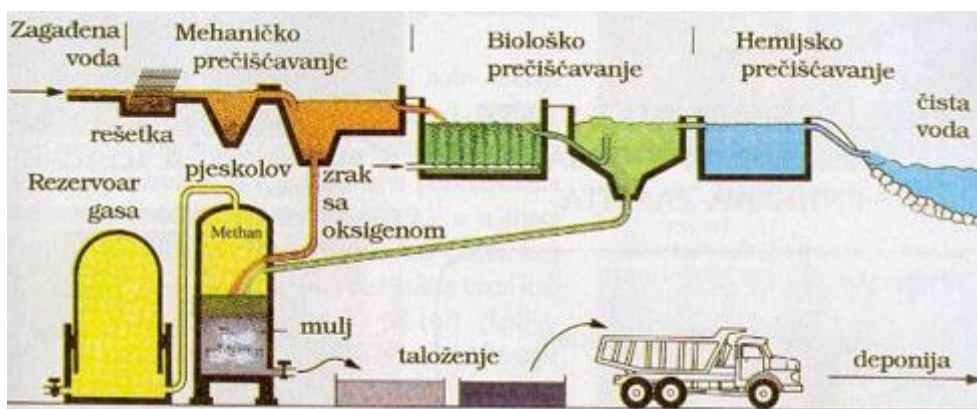
Razlaganjem zagađivača dolazi do razmnožavanja bakterija, što povećava potrošnju kiseonika a posljedica je izumiranje biljnog i životinjskog svijeta. Fosfati i nitrati kada se nađu u rijekama djeluju kao mineralna đubriva pa ubrzavaju rast vodenog bilja što dovodi do potrošnje kiseonika u vodi. U vode dospjevaju preko otpadnih industrijskih voda i od



vještačkih đubriva, spiranjem sa zemljišta. Za razliku od biološkog zagađenja posljedice konzumiranja hemijski zatrovane vode rijetko su akutna trovanja. U vodi se često nalaze metali, teško ih je odstraniti pa se talože u mulju površinskih voda. U slatkim vodama su sve više prisutni organski mikrozagađivači koji su opasni iz razloga što imaju različita dejstva na organizme: kancerogeno, mutageno i općetoksično; teško ih je odstraniti iz vode za piće i putem hlorisanja.

1. Stanje otpadnih voda i tretman pročišćavanja otpadnih voda u BiH

Poznato je da vodotoci imaju sposobnost samoprečišćavanja ili autopurifikacije. Od kada postoji živi svijet na zemlji voda se koristila i pomalo zagađivala biljnim, životinjskim i ljudskim otpacima tkz. organsko zagađenje. U početku je to malo uticalo na zagađivanje voda, jer se organski otpad razgrađivao pomoću zraka, uglavnom na korisne materije. Dakle, priroda je tada bila sposobna da sama prečisti te količine vode. Međutim, razvojem ljudske zajednice, porastom broja stanovnika i njihovom koncentracijom u velikim gradovima, količina organskih otpadnih voda se znatno povećala.¹⁹⁰ Njihovim koncentriranim ispuštanjem u rijeke, onemogućavan je proces samoprečišćavanja i prirodnog biološkog prečišćavanja. Osim toga, razvojem industrije krajem 19. i početkom 20. stoljeća, čovjek sve više koristi vodu, a kao rezultat industrijske proizvodnje, nastaje ne samo organsko, već i hemijsko zagađenje vode. Zbog svega toga se javila potreba za iznalaženjem vještačkih bioloških, ali i hemijskih procesa prečišćavanja.



Slika 1. Način- tretman prečišćavanja otpadnih voda¹⁹¹

Sve otpadne vode bi se po pravilu trebale tretirati u postrojenjima za prečišćavanje otpadnih voda, međutim u praksi to nije slučaj. Dok u razvijenim zemljama postoji čitav niz različitih postrojenja za prečišćavanje otpadnih voda, u našoj zemlji se većina otpadnih voda ispušta u vodotoke u vodotoke bez prethodnog prečišćavanja.

Centar za ekologiju i energiju BiH je napravio prvi biljni- zemljani prečišćivač u BiH, na jezeru Modrac, gdje se otpadne vode zbrinjavaju jednomod najsavremenijih metoda, koje se

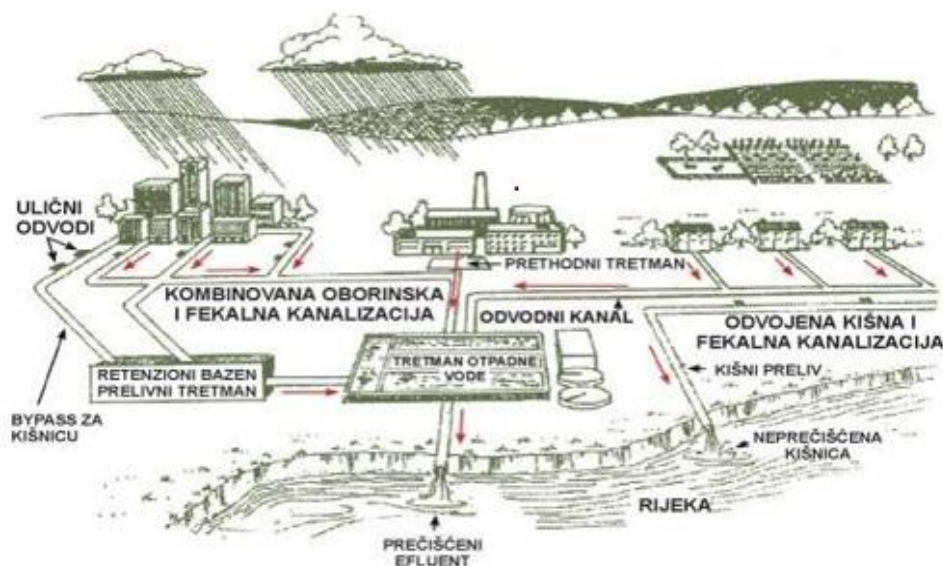
¹⁹⁰ <http://ekologija.ba/index.php?w=c&id=29>

¹⁹¹ Alma Kovačević „Voda i mi – potrošnja, ušteda i zaštita voda“; Centar za ekologiju i energiju, Tuzla 2005; na web str. <http://www.quality.unze.ba/zbornici/QUALITY%202011/126-Q11-1>

primjenjuju u svijetu. Ovakvi postupci tretiranja otpadnih voda zadovoljavaju i bez puno tehnike su, manje su osjetljivi i troše manje energije nego tehnički uređaji.¹⁹²

Otpadne vode se od mjesta nastajanja do postrojenja za prečišćavanje, odnosno do ispuštanja u vodotoke, odvođe kanalizacijom koju čini sistem cijevi, kanala i uređaja. Tek u novije vrijeme čovjek je primijetio da odvod otpadnih voda u rijeke ili njihovo poniranje u tlo može imati štetne posljedice za pitku vodu. Nehigijenska, zagađena voda često je bila uzrok velikih tragedija i epidemija u srednjem stoljeću, ali i kasnije sve do kraja XIX stoljeća (npr. velika epidemija kolere 1854. godine koja je zadesila London i od koje je umrlo oko 5 000 ljudi i epidemija kolere u Hamburgu 1892. godine, od koje je umrlo 10 000 ljudi). Izgradnja vodovoda je uticala na količinu otpadne vode, koja se naglo povećala, i koja je putem kanalizacije odvođena u rijeke, tako da je nivo samoprečišćavanja vodotoka bio brzo dosegnut, usljed čega je proistekla nužnost izgradnje postrojenja za prečišćavanje otpadnih voda.

Danas je većina kanalizacionih mreža u svijetu tzv. miješanog tipa gdje se čista kišnica odvođa u postrojenja za prečišćavanje otpadnih voda zajedno sa prljavom vodom. Kod jakih kiša, sva ova voda nema dovoljno mjesta u prečišćivaču, tako da velika količina neprečišćene otpadne vode završi direktno u vodotocima. Osim toga, otpadne vode bivaju jako razrijeđene, tako da se procesi prečišćavanja usporavaju. U budućnosti je neophodno "stranu" vodu (čistu kišnicu sa krovova, pješačkih staza ili ne zagađenih dijelova ulica) odvoditi u tlo ili ako to nije moguće, direktno u vodotoke posebnim sistemima.



Slika 2. Gradski kanalizacioni sistem¹⁹³

¹⁹² A. Alihodžić *et al.* : Tretman i reciklaža otpadnih voda kao dio zelene logistike; Zbornik radova Internacionalnog univerziteta Travnik, Travnik, 239 str.; 2015. godina

¹⁹³ <http://ekologija.ba/index.php?w=c&id=29>



Kada se govori o odvođenju i tretiranju otpadnih voda u BiH, stanje je više nego alarmantno. Otpadne vode iz naselja znatno utiču na zagađivanje vodotoka.

Kontrola izliva kod mnogih naselja je dosta teška, jer se ispuštanje vrši na više mjesta. Cijeni se da se preko gradskih kanalizacija unosi u vodotoke teret zagađenja od oko 1.5 miliona ekvivalentnih stanovnika.

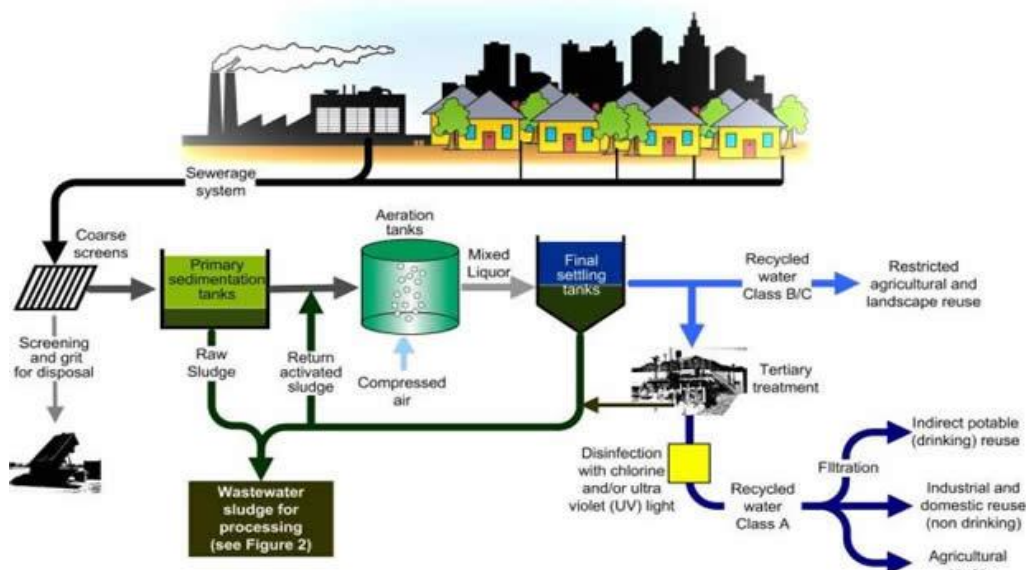
Zagađenje voda od poljoprivrede, također postaje sve značajnije, zbog sve veće primjene pesticida i mineralnih gnojiva. Ipak, najveći teret zagađenja prirodnih vodotoka dolazi od otpadnih voda industrije, koje ispuštaju otpadne vode bez ikakvog prečišćavanja, ili nedovoljnog stepena prečišćavanja. Pored površinskih voda i kvalitet podzemnih voda ugrožen je posljednjih godina razvojem urbanizacije, industrije i intenzivne poljoprivrede. U ovisnosti o hidrogeološkim prilikama, unose se otpadne tvari u podzemne vode, bilo procjeđivanjem sa površine, transportom riječnih i jezerskih voda u podzemlje, direktnim unošenjem u ponore (krš), iz napuštenih šljunkara, iz vodopropusnih kanalizacionih sistema, sa nekontroliranih deponija (smetlišta). Zbog toga je kvalitet podzemnih voda na mnogim lokacijama pogoršan do te mjere da su neupotrebljive za vodosnabdijevanje.

Količina podzemnih voda je 3000 puta veća od količine vode u svim rijekama, što ukazuje da je podzemna voda veoma značajna i da o njoj treba voditi računa!

2. Kvalitet i pročišćavanje otpadnih voda

Razvoj naselja i povećanje standarda stanovništva uvjetuju zagađenje čovjekove okoline, a među najteže oblike zagađenja svakako ubrajamo i zagađenje voda. Potrošnja vode za razne potrebe postaje sve veća što uzrokuje i porast količina otpadnih voda.¹⁹⁴ Ovakvim trendom porasta zagađenja voda značajno se ugrožava čovjekova životna sredina. Pitke vode su sve više zagađene otpadnim vodama. Preko 30% pitke vode sadrži "korištenu" vodu; u pitkoj vodi udio "ponovno korištene" vode je preko 50%; Zahtjevi na kvalitetu ispuštene vode sve su stroži, čemu mora udovoljiti tehnologizirane obrade. Sistem za odvodnju vode jako osjetljivo reagira ako u njega dospije previše masti. Nažalost se ne može uvijek spriječiti da masti i ulja dospiju s otpadnom vodom u odvod. Masti se sastoje od čvrstih i topivih tvari. Čvrste se tvari talože na stjenkama cijevi i uzrokuju začepjenja. U sistemu se masti i ulja mijenjaju uslijed hemijskih i bioloških reakcija u masne kiseline neugodnih mirisa. Te kiseline su izuzetno agresivne i dovode do korozije. Poznati su slučajevi kod kojih su same masne kiseline oštetile lijevane cijevi inače otporne na koroziju. Još su gore posljedice u postrojenjima za pročišćavanje otpadnih voda.

¹⁹⁴ B. Arsenović: „Prečišćavanje industrijskih otpadnih voda sa posebnim aspektom na otpadne vode galvansko-hemijskih procesa“. (ISBN 978-99955-41-60-6; COBISS. RS-ID)



Slika 1. Tretman mulja otpadnih voda¹⁹⁵

Tamo se masti i ulja talože na aktivirani mulj i sprečavaju potrebnu izmjenu kisika. Biološko pročišćavanje otpadnih voda je time onemogućeno.

Pod tim stanovištima jedino je logično da masti i ulja ne smiju u opsežnim količinama dospijevati u kanalizacijski sistem. U komunalnim propisima o odvodnji većinom se utvrđuje, da se po litri otpadne vode ne smije u kanalizacijsku mrežu dovesti više od 250 mg ulja i masti. Preduvjet za to je da se kućni sudoper ne zlorabotrebja za bacanje čistih ostataka masti iz tava i lonaca. Ako su korisnici disciplinirani i ako se toga pridržavaju, u stambenim zgradama nisu potrebne nikakve druge mjere.

Drugačije izgleda u obrtništvu i industriji, gdje se ispuštaju otpadne vode koje sadrže ulja i masti. Mehaničko pročišćavanje otpadnih voda, Grubo i fino mehaničko pročišćavanje otpadnih voda sa egalizacijom, Sirova otpadna voda pritječe na uređaj za pročišćavanje kroz dotok kanal s grubim mehaničkim rešetkama, gdje se odstranjuje veći kruti otpad Flotacija (metoda otplavlivanja). Flotacija se primjenjuje ispred taložnica i biološkog procesa pročišćavanja da bi se ubačenim zrakom prethodno uklonile masti i ulja sa dijelom finog lebdećeg nanosa koji se teško taloži. Taložnice za pijesak

Taložnice za pijesak služe za otklanjanje pijeska i sličnih neorganskih materija iz otpadnih voda da ne bi ometale rad crpnih postrojenja i uređaja u fazi daljnjeg pročišćavanja. Taložnice za organske primjese. Ove taložnice se koriste za uklanjanje organskih materija. Vrijeme zadržavanja otpadnih voda zavisi od načina taloženja, a obično je od 1,5 - 2 sata. Za vrijeme kiša ono je najmanje 30 minuta. Taloženje se može ubrzati prethodnom koagulacijom. Biološko pročišćavanje otpadnih vodu

¹⁹⁵ https://www.google.ba/search?q=tretman+mulja+otpadnih+voda&source=lnms&tbm=isch&sa=X&ved=0ahUKewiNyyWksLvTAhWClxoKHXSZBA8Q_AUICgB&biw=1280&bih=645 v



Predviđen biološki dio sastavljaju bazeni za nitrifikaciju i denitrifikaciju. U središnji armiranobetonski cilindar kombi bazena tlačnim se cjevovodima dovodi egalizirana i fino mehanički pročišćena otpadna voda i aktivni povratni mulj. U ovom se bazenu vrlo brzo uspostavlja anoksično stanje. Bakterije aktivnog mulja odgovorne za denitrifikaciju počinju trošiti kisik iz prisutnih nitrata u egaliziranoj sirovoj otpadnoj vodi i mulju, pri čemu se izdvaja dušik u plinovitom stanju i uz pojačano mješanje sadržaja u cilindru otplinjava se se u atmosferu tj. vrši se denitrifikacija dušičnih spojeva. Sve navedeno se vrši putem aerobnih mikroorganizama (aktivnog mulja) uz umjetno unošenje potrebne količine kisika pomoću aeracijskih grana sa suvremenim membranskim aeratorima. Potrebna količina kisika se unosi upuhivanjem komprimiranog zraka proizvedenog na puhalima smještenim u kompresorskoj stanici. Finalno razdvajanje pročišćene otpadne vode i mulja vrši se u preostalom vanjskom prstenu taložnice u kojem se uspostavlja pretežno vodoravno strujanje ka preljevnim konzolnim žljebovima na vanjskom obodu taložnice.

Prerada i korištenje mulja

Teško je prihvatiti da je prečišćena otpadna voda postala proizvod. Prečišćavanje otpadnih voda posmatra se i kao svaka druga proizvodnja:

- ❖ postoji sirovina a to je neprečišćena otpadna voda;
- ❖ postoje pomoćni i potrošni materijali kao i oprema za proizvodnju a to je oprema za prečišćavanja otpadnih voda;
- ❖ postoji proces proizvodnje a to je proces prečišćavanja;
- ❖ kontrola i vođenje procesa, održavanje opreme;
- ❖ postoji proizvod a to je prečišćena otpadna voda;

2.1 Zahtjevi u pogledu kvaliteta i stepena prečišćenosti otpadnih voda

Kvalitet i stepen pročišćenosti otpadne vode zavisi od daljeg postupka sa prečišćenom otpadnom vodom. Ukoliko se prečišćena otpadna voda ispušta u recipijent, zahtjevi u pogledu kvaliteta vezani su za prihvatnu moć recipijenta, njegovu sposobnost i kapacitet samoprečišćavanja. Obezbeđivanje kvaliteta u prečišćavanju otpadnih voda posmatra se sa tehničko-tehnološkog aspekta i tehno-ekonomskog aspekta. Navedeni aspekti ukazuju da se sama tehnologija prečišćavanja otpadnih voda razlikuje od tehnologije proizvodnje neke robe u jednoj važnoj stvari a to je sirovina i ta razlika u značajnoj mjeri oblikuje samu tehnologiju prečišćavanja. Drugi aspekt u najvećoj mjeri zauzima dio biološke obrade, pa optimizacija troškova sekundarnog prečišćavanja zahtjeva dosta pažnje. Prilikom sekundarnog aerobnog prečišćavanja po postupcima sa aktivnim muljem najviše troši na aeraciju. Potreba je za daljim poboljšanjem prečišćavanja otpadnih voda, a sve u cilju što kvalitetnije izlazne vode, pa je i nastao projekat pod naslovom Rehabilitacija i dogradnja postrojenja za prečišćavanje otpadnih voda. Na uređaju za prečišćavanje otpadnih voda postoje dvije glavne linije- linije vode i linije mulja. Linija vode se sastoji od mehaničke i biološke faze prečišćavanja. Na liniji vode je znatno povećan hidraulički kapacitet, prvi put postoji mogućnost za kontrolisanim uklanjanjem azota i fosfora.¹⁹⁶ Danas se na uređaju za prečišćavanje otpadnih voda postiže mnogo bolji kvalitet izlazne vode od projektom predviđene. Za razliku od prethodnog perioda postoji, i funkcioniše linija mulja. Višak mulja iz procesa prečišćavanja

¹⁹⁶ • B.Arsenović: „Prečišćavanje industrijskih otpadnih voda sa posebnim aspektom na otpadne vode galvansko-hemijskih procesa“. (ISBN 978-99955-41-60-6; COBISS. RS-ID)



ide na anaerobnu digestiju. Ovim procesom se stvara metan, pa postoji mogućnost za proizvodnju električne energije.

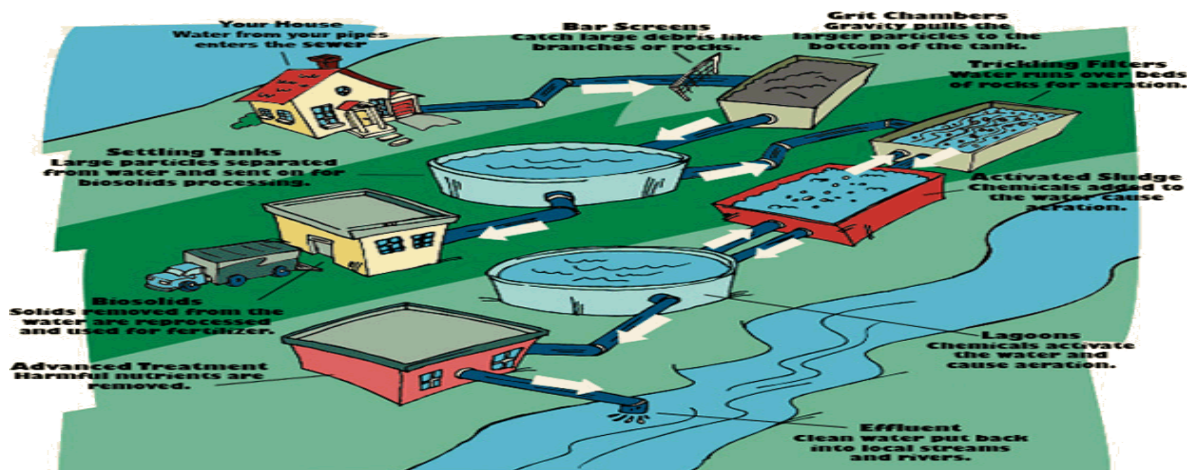
2.2 Zajedničko pročišćavanje otpadnih voda

Riječni slivovi, jezera, mora i okeani predstavljaju posebne ekosisteme pa je i njihova ugroženost od posenog značaja za sve prirodne cikluse.¹⁹⁷ Otpadne vode industrije i drugih proizvodnji, koja se upuštaju u javni sistem kanalizacije i budu odvođene i prečišćavane zajedno moraju zadovoljiti sljedeće zahtjeve: 1. da ne budu opasne za ljude koji rade na održavanju i eksploataciji kanalizacije i postrojenja za prečišćavanje; 2. da ne uzrokuju oštećenje opreme i objekata javnog sistema kanalizacije; 3. da ne utiču negativno na odvijanje procesa prečišćavanja i na kvalitet ispuštene vode; 4. da ne smanjuju kapacitet postrojenja za pročišćenja; 5. da ne dovode do širenja neugodnih mirisa te da ne otežavaju zbrinjavanje nastalog mulja.

3. Upravljanje vodama i održivi razvoj

Voda je neophodna u mnogim procesima, primjerice, u industriji i proizvodnji energije koristimo alternativne izvore vode kao što su otpadne vode. S obzirom na to da se sve više koristi voda koja se pročišćena vraća kroz tehnološki proces, sve je manje zagađenja vode, kaže to je važno za održivost. Voda i održivi razvoj su povezani – racionalnim korištenjem vode, smanjivanjem onečišćenja i brigom o prirodnim resursima, čuvamo sebe i buduće generacije. Pri dostizanju ciljeva održivog upravljanja vodama potrebno je poznavati kriterije koji uzimaju u obzir socijalne, ekonomske i prirodne uslove. Održivi razvoj podrazumijeva jedinstveno upravljanje površinskim i podzemnim vodama, kao i kvalitativnim i kvantitativnim karakteristikama vodenih područja, resursa. Postizanje sigurnosti vodosnabdijevanja, smanjenje rizika od poplava, očuvanje prirodnih ekosistema i smanjenje urbanih pritisaka, postiže se kroz saradnju tri segmenta: odgovor na klimatske promjene, odgovor na rast populacije i urbanizaciju ali i poboljšanje ekonomskih i institucionalnih uslova. Ponovno korištenje vode je jedan od ključni elemenata za povećanje raspoloživosti vode, odnosno za očuvanje održive upotrebe vodnih resursa. Savremeni izazovi, rizici, koji su po svojoj prirodi transacionalni i transteritorijalni, zahtijevaju odgovor na globalnom nivou. Koncept održivog razvoja fokusiran na proizvodnji materijalnih dobara i eksploataciji prirodnih resursa nalazi se na samom kraju. Mjerodavan bi trebalo da bude ekološki bilans koji mora biti najmanje uravnotežen sa gledišta pozitivnih i negativnih uticaja. Potreba sa kvalitetnim održivim razvojem u svakom segmentu rada i života postaje prioritetna budući da su uspjeh industrije, lokalna i regionalna ekonomija u čvrstoj vezi sa očuvanjem prirodnih resursa. Održivi razvoj nastoji da stvori bolji svijet balansirajući socijalne, ekonomske i faktore životne sredine. Promjena potrošačkog ponašanja jedan je od najvažnijih zahtjeva koji moraju da se ispune na putu ka promjeni načina života u pravcu održivog razvoja.

¹⁹⁷ R. Biočanin *et al.* : Zagađivači životne sredine; zagađujuće materije u vodi (317-318 str.) Internacionalni univerzitet Travnik 2011. godina



Slika 2. Tok otpadnih čistih voda potoka i Rijeka

4. Zaključak

Prečišćavanje otpadnih voda i njihova ponovna upotreba predstavlja važan segment u očuvanju životne sredine i time mogućnosti dužeg korištenja prirodnih resursa koji nam stoje na raspolaganju. Recikliranjem otpadnih voda koje se mogu koristiti za navodnjavanje, industrijsku preradu, zalijevanje zelenih površina smanjuje se upotreba velikih količina čiste i pitke vode koje se koriste te svrhe. Njihovim tretmanom se mogu ostvariti i ekonomske koristi, mogu se dobiti rijetki zemni elementi koji su veoma skupi. Ubrzanim tehnološkim razvojem primorani smo voditi računa o prirodnim resursima koji su iscrpljivi. Ekološka strategija podrazumijeva ostvarenje strategije koja se odnosi na poboljšanje kvaliteta života te sveobuhvatan pristup rješavanja problema. Bez izgrađene ekologije održivog razvoja razvoj čovjeka u svim segmentima života neće biti moguć.

„Budućnost će biti zelena ili je neće nikako ni biti.“ Bob Brown

Literatura

- [1] A. Alihodžić *et al.* : Tretman i reciklaža otpadnih voda kao dio zelene logistike; Zbornik radova Internacionalnog univerziteta Travnik, Travnik, 239 str.; 2015. godina
- [2] B. Arsenović: „Prečišćavanje industrijskih otpadnih voda sa posebnim aspektom na otpadne vode galvansko-hemijskih procesa“. (ISBN 978-99955-41-60-6; COBISS. RS-ID)
- [3] R. Biočanin *et al.* : Zagađivači životne sredine; zagađujuće materije u vodi (317-318 str.) Internacionalni univerzitet Travnik 2011. godina
- [4] Alma Kovačević „Voda i mi – potrošnja, ušteda i zaštita voda“ ; Centar za ekologiju i energiju, Tuzla 2005; na web str.
<https://www.google.ba/search?q=tretman+mulja+otpadnih+voda&>
- [5] <http://ekologija.ba/index.php?w=c&id=29>
- [6] <http://www.quality.unze.ba/zbornici/QUALITY%202011/126-Q11-1>



STANJE KVALITETA VAZDUHA U BOSNI I HERCEGOVINI

Prof. dr Božidarka Arsenović, email: bokijevmeil@gmail.com

Internacionalni univerzitet Travnik u Travniku, Bosna i Hercegovina

„Orao“ a.d. za proizvodnju i remont, Bijeljina; Republika Srpska; Bosna i Hercegovina

Sažetak:Kada je riječ o kvalitetu vazduha u Bosni i Hercegovini, podaci uglavnom, nisu sistematizovani niti dostupni. Većina polutanata koji zagađuju vazduh potiču od industrijskih aktivnosti, ali značajan dio i od saobraćaja. Prije devedesetih godina industrija je bila najznačajniji zagađivač vazduha. Tokom nemilih događaja u BiH, većina industrijskih sektora prestaje sa radom i još uvijek nije dostigla zavidni nivo. Očekuje se da je zagađenje vazduha mnogo manje nego prije devedesetih godina, mada nema sigurnih i tačnih podataka o trenutnom kvalitetu vazduha u BiH. Čist vazduh je osnov za zdravlje i život ljudi i čitavog ekosistema. Tokom odvijanja tehnoloških procesa u fabrikama štetne materije zagađuju radnu sredinu, a zbog zastarjele tehnologije prečišćavanja i neodržavanja postojećih sistema, oslobođene materije vrlo lako dospijevaju u životnu sredinu, što značajno doprinosi nepovoljnoj ekološkoj i zdravstvenoj slici. U radu je dat prikaz opšteg stanja kvaliteta vazduha u nekoliko industrijskih centara i stanje sistema monitoringa vazduha u BiH.

Ključne riječi: kvalitet vazduha, sumpor dioksid, monitoring

QUALITY OF AIR IN BOSNIA AND HERZEGOVINA

Abstract:Data on the quality of air in Bosnia and Herzegovina are mainly unsystematized or unavailable. Most air pollutants result from industrial activities, and significantly from the traffic. Before the 90s, the industries significantly polluted the air. During the unfortunate events in BiH, most of the industrial sectors stopped working and they haven't reached the desirable level of production yet. It is expected that the air pollution may be lesser than in the 90s, although there are no certain and exact data on the present quality of air in BiH. Clean air is a foundation of healthy life and the entire eco system. When technological processes in factories are in progress, harmful substances pollute the work environment, and due to the obsolete air treatment technologies and low maintenance level of the existing systems, the released substances easily access the environment, which significantly contribute to the disfavoured image of ecology and health. This paper shows the quality of air in several industrial centres in general and the status of the air quality monitoring system in BiH.

Keywords: air quality, sulfur dioxide, monitoring

UVOD

Problem zagađenja vazduha posvećuje se mala pažnja[1]. Obično se smatra da se u atmosferu mogu ispustiti zagađujuće materije bez štete po životnu sredinu, smatrajući da će vjetar odnijeti zagađenje. Upravo se navedeno dešava i tada problem lokalnog zagađenja vazduha postaje međunarodni i tek se tada počinje razmišljati o posljedicama. Problem zagađenja vazduha je u velikoj mjeri prisutan i u Bosni i Hercegovini.. Mali broj lokalnih zajednica vrši praćenje kvaliteta vazduha, a i monitoring emisije nije zastupljen u mjeri u kojoj je neophodno. Zagađenje vazduha, koje ima sve veći uticaj na zdravlje stanovništva, postaje problem koji treba rješavati. U tom smislu je očekivati i da Bosna i Hercegovina, pored ostalih obaveza, uskladi zakonsku regulativu sa standardima Evropske unije i razvije mrežu monitoringa.

Za život na Zemlji najznačajniji je najbliži sloj Zemljinoj površini, troposfera, do visine od oko 12-15 km, u kojem se odvija život. Osnovne uslove za život na Zemlji obezbjeđuju:

kiseonik neophodan za disanje, ugljen dioksid neophodan za biosintezu, azot neophodan za sintezu biljnih bjelancevina i sunčevu radijaciju [2]. U troposferi se nalazi najveća količina atmosferske vode i u njemu se odvija proces kruženja vode u prirodi i stvaranje gotovo svih oblaka i padavina. Zbog toga, od pojava u troposferi najvećim dijelom zavise klimatske promjene.

1. ZAGAĐIVAČI KOJI SE POJAVLJUJU U ATMOSFERI

Praćenje kvaliteta vazduha se vrši u cijelom svijetu na lokalnom, nacionalnom i globalnom nivou. Lokalno praćenje kvaliteta vazduha obuhvata pojedina urbana područja. EPA (Environmental Protection Agency) je kao glavne zagađivače vazduha označila čvrste čestice: sumpordioksid, ugljenmonoksid, azotne okside, ozon i teške metale za koje je definisala standarde u cilju zaštite zdravlja ljudi i ekosistema [3,4]. Ove materije predstavljaju primarne zagađujuće materije čije koncentracije variraju, zavisno od meteoroloških uslova (najveće su koncentracije u jesen i zimu), njihovom interakcijom nastaju mnogo opasnije i nedovoljno ispitane sekundarne zagađujuće materije.

Čvrste čestice u vazduhu se definišu kao svaka dispergovana materija (čvrsta ili tečna) čiji su pojedini agregati veći od pojedinačnih molekula. Zavisno od veličine, razvrstavaju se u dvije grupe i to taložne čestice čija je veličina veća od 10 μm i lebdeće čestice – aerosoli, čija je veličina manja 10 μm . Lebdeće čestice prašine, pepela, tečnih kapi dima i drugih kondenzovanih gasovitih jedinjenja suspendovanih u vazduhu (aerosoli) smatraju se najštetnijim zagađivačima vazduha [4,5]. Posebno su opasne čestice prečnika 2.5 μm , označene kao PM_{2.5} koje udisanjem dopijevaju do najmanjih alveola u plućima i sa sobom unose brojne opasne materije, slika 1.

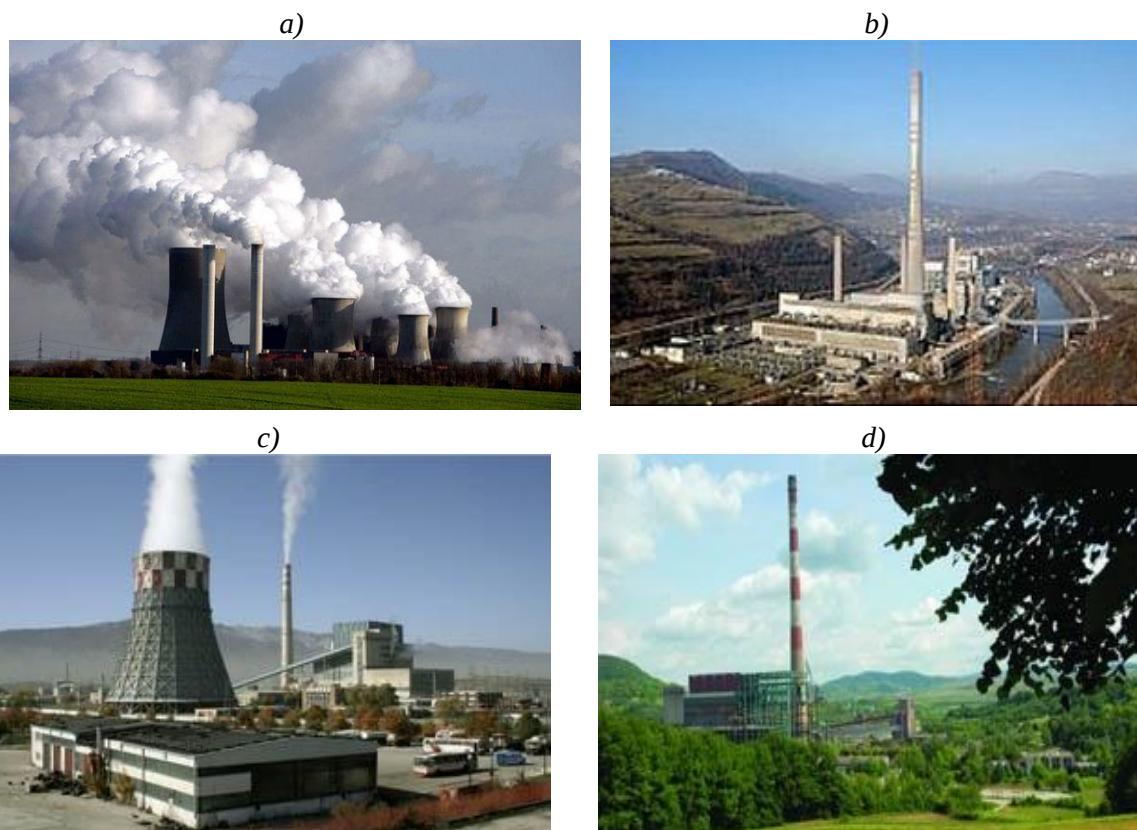


Slika 1. Depozicija čestica u respiratorni sistem u zavisnosti od veličine



Slika 2. Otežano disanje oboljelih od astme

Čestice rasipaju sunčeve zrake u različite talasne dužine, zavisno od veličine čestica, njihove koncentracije, njihove prirode i dr, dok dio sunčeve radijacije i same adsorbuju. Čestice iz vazduha mogu da imaju toksične uticaje, bilo patološke ili fiziološke prirode na tri načina: po svojoj prirodi čestice mogu biti toksične, prisustvo inertne čestice u respiratornom sistemu može da ometa izbacivanje iz toga sistema drugih toksičnih materija, slika 2 i čestice mogu da služe kao nosači toksičnih materija.



Slika 3. Termoelektrane u BiH: a) TE "Tuzla"; b) TE "Kakanj"; c) TE "Gacko"; d) Rudnik i TE "Ugljevik"

Sumpor dioksid, SO_2 je gas bez boje, ne gori niti stvara eksplozivne smješe. Oštrog je mirisa. (većina ljudi ga može osjetiti već kod njegovih koncentracija u vazduhu od 1 ppm). Dobro je rastvorljiv u vodi (11.3 g/100 ml vode na sobnoj temperaturi).

Glavni izvor emisije SO_2 povezan sa djelovanjem čovjeka je izgaranje fosilnih goriva opterećenih sumpornim spojevima, naročito uglja i loživih ulja. Naši energetske objekti, TE, slika 3, koriste ugalj sa visokim sadržajem sumpora (TE Ugljevik 4-5%), [6,7] tako da dolazi do značajne emisije ovog polutanta, (za TE Ugljevik, ova emisija se procjenjuje na oko 143 678 t/godišnje).

U gradovima su to najčešće mala ložišta pa se tako ovaj polutant smatra jednim od najopasnijih komponenti gradskog smoga u zimskim mjesecima. S obzirom na uticaje sumpor dioksida na čovjeka, potrebno je istaći da on sjedinjen sa finom prašinom ima izraženo štetno dejstvo nasluzokožu (oči) i disajne puteve. Uticaj SO_2 na biljni svijet je značajno izražen a ogleda se prvenstveno u razgrađivanju hlorofila i odumiranju pojedinih tkiva. Ovo negativno dejstvo SO_2 posebno je izraženo kod osjetljivih vrsta zimzelenih šuma koje trpe štete već pri koncentraciji od 0.05 mg/m^3 .

Ugljen monoksid, CO je jedan od najrasprostranjenijih aerozagađivača koji nastaje nepotpunim sagorijevanjem fosilnih goriva u energetskim postrojenjima, automobilima, domaćinstvima i pri različitim industrijskim procesima. Procjenjuje se da je emisija CO iz motornih vozila, kaonajvećeg pojedinačnog emitera u atmosferu do 60% od ukupno emitovanog [7]. Osim toga, značajni su i prirodni izvori ugljen monoksida, čije količine su



približno jednake količinama antropogenog porijekla. Izvori CO antropogenog porijekla su obično smješteni u urbanim i industrijskim sredinama. Time i tako nastali CO ima poseban uticaj na njegovu ukupnu koncentraciju u urbanim sredinama, odnosno na ukupno aerozagađenje. Iako je ukupna količina CO nastala prirodnim putem velika, zbog njegove velike disperzije, taj uticaj na aerozagađenje je zanemarljiv.

Od **oksida azota**, NO_x koji se pojavljuju u vazduhu najznačajniji su polutanti **azot monoksid**, NO i **azot dioksid**, NO_2 . Povećanje ukupne koncentracije ovih oksida su karakteristične za kasne jesenje i zimske dane zbog izgaranja većih količina tečnih, čvrstih i gasovitih goriva (proizvodnja toplotne energije).

Dejstvo NO na čovjeka je slično dejstvu CO, tj. dolazi do istiskivanja kiseonika iz krvi, odnosno nastanka methemoglobina, čime je ugroženo snabdijevanje organizma O_2 . Činjenica je da su koncentracije NO koje se pojavljuju u atmosferi jedva škodljive, međutim, njihov značaj kao aerozagađivača je bitan, prvenstveno zbog stvaranja azotdioksida, NO_2 koji je toksičniji i naročito štetan za disajne organe. Dejstvo NO_x na biljke se ispoljava, prvenstveno kroz uticaje NO_2 , (voštani izgled lišća, nekroza i prevremeno opadanje lišća). S obzirom na ove negativne uticaje, u svijetu se danas smatra da su sve vrste biljaka zaštićene od uticaja NO_x za dugotrajne koncentracije od 0.03 mg/m^3 .

Ozon, O_3 kao alotropska modifikacija kiseonika sa tri atom O, nastaje u atmosferi prilikom električnih pražnjenja i djelovanjem ultraljubičastih, UV zraka. Obzirom da je molekula O_3 vrlo nestabilna, sunce ga, ne samo stvara, već i stalno razgrađuje, stvarajući ponovo molekularni kiseonik, O_2 i slobodne atome kiseonika, O. O_3 je opšteprisutan u Zemljinoj atmosferi: u slojevima pri zemlji je jedan od opasnih zagađivača sa štetnim uticajem na pluća; ozon u gornjim slojevima atmosfere upija UV zračenje sa sunca, sprečavajući na taj način da, po život opasno UV zračenje, ne dođe do Zemlje. Upijajući većinu UV-B zraka sa sunca prije nego što dođu do Zemlje, ozonski omotač štiti našu planetu od štetnih uticaja po život. O_3 generišu brojni električni uređaji, posebno oni koji koriste visok napon poput laserskih štampača, mašina za fotokopiranje ili lučno zavarivanje, kao i svi električni motori (srazmjerno veličini i snazi motora).

Udisanjem, tzv. prizemni O_3 dolazi u kontakt sa svim dijelovima disajnog sistema u kome se u potpunosti resorbuje uz lokalno i sistemsko djelovanje.

Emisija **uglјovodonika** u atmosferu iz urbanih i industrijskih područja, kao posljedica cjelokupne ljudske aktivnosti, veoma je značajna. Emiteri su: motorna vozila, oko 50%, industrijski procesi, do 15%, isparavanje rastvarača, do 10% kao i drugi izvori (izgaranje fosilnih goriva, šumski požari, požari smetlišta).

2. PRAĆENJE KVALITETA VAZDUHA U BiH

Monitoring kvaliteta vazduha u Federaciji Bosne i Hercegovine je u nadležnosti Federalnog hidrometeorološkog zavoda i nadležnih organa kantona i jedinica lokalne samouprave koji treba da osiguraju mjerna mjesta i mjerne stanice za fiksna mjerenja u federalnoj i lokalnim mrežama za monitoring kvaliteta vazduha:

- kontinuirana i povremena uzorkovanja zagađujućih materija na fiksnim lokacijama,
- povremena mjerenja i uzorkovanja zagađujućih materija koja nisu obuhvaćena mrežom monitoringa kvaliteta vazduha,



- prenos, obradu, provjeru validnosti i analizu dobijenih rezultata i
- provjeru kvaliteta mjernih postupaka i održavanje mjernih mjesta, instrumenata i prateće opreme u cilju osiguranja zahtjeva kvaliteta podataka.

Zakonski okvir u FBiH u oblasti monitoringa kvaliteta vazduha su:

- 1) Zakon o zaštiti zraka („Službene novine FBiH“ broj 33/03; 04/10);
- 2) Zakon o zaštiti okoliša („Službene novine FBiH“ broj 33/03; 38/09);
- 3) Pravilnik o načinu vršenja monitoringa kvaliteta zraka i definiranju vrsta zagađujućih materija, graničnih vrijednosti i drugih standarda kvaliteta zraka („Službene novine FBiH“ 01/12).

U Republici Srpskoj zakon i pravilnici koji regulišu problematiku zaštite vazduha, monitoringa i graničnih vrijednosti kvaliteta vazduha su:

- Zakon o zaštiti vazduha (Sl. glasnik Republike Srpske broj 53/02),
- Pravilnik o graničnim vrijednostima kvaliteta vazduha (Sl. glasnik Republike Srpske broj 39/05),
- Pravilnik o monitoringu kvaliteta vazduha (Sl. glasnik Republike Srpske broj 39/05),
- Pravilnik o monitoringu emisija zagađujućih materija u vazduh (Sl. glasnik Republike Srpske broj 39/05).

Pravilnikom o graničnim vrijednostima kvaliteta vazduha utvrđene su granične vrijednosti kvaliteta vazduha i ciljne vrijednosti kvaliteta vazduha, kao indikatori planiranja kvaliteta vazduha u prostoru, te pragovi upozorenja i pragovi/granice uzbune za pravovremeno djelovanje u slučaju kratkotrajnih pojava prekograničnog zagađenja vazduha.

Kvalitet vazduha je predstavljen koncentracijom date zagađujuće materije u vazduhu i izražava se u mikrogramima zagađujuće materije po kubnom metru vazduha, svedeno na temperaturu od 293 [K] i pritisak od 101.3 [kPa] [7].

Međunarodne obaveze i izvještavanje: U skladu sa evropskim konvencijama Sektor za kvalitet vazduha, primjenom Evropskog softvera DEM (softverski paket za imisiju), koji je instalisan kod nas, vrši obradu statističkih vrijednosti stanja zagađenosti i podatke direktno preko interneta šalje na: ftp://info.rivm.nl/pub/llo/pub/_upload/_etcaq/dem, kao i ostale evropske zemlje. Ti podacise mogu pronaći u AIRBASE na EIONET portalu EEA (Evropska agencija za okoliš). Bosna i Hercegovina, sa aspekta razmjene podataka o kvalitetu vazduha sa EEA, izvršava svoje obaveze u skladu sa zakonima iz ove oblasti u našoj zemlji, kao i u skladu sa direktivama EU iz oblasti praćenja i analize kvaliteta vazduha. Proračun emisije štetnih materija u vazduhu na području Bosne i Hercegovine Zavod vrši već duži niz godina. Primjenom evropskih konvencija smo dužni dostavljati ove podatke, kao i sve ostale zemlje Evrope.

3. EKSPERIMENTALNI DIO

U radu je dat prikaz srednjih mjesečnih koncentracija SO₂ u Sarajevu, Tuzli i Zenici, kao i vrijednosti srednjih godišnjih koncentracija SO₂ u Federaciji Bosne i Hercegovine za 2014. godinu. Pored toga, prikazane su i prosječne mjesečne vrijednosti koncentracija SO₂ za period 2010.-2014. godine u gradu Bijeljina dobijene na tri mjerna mjesta [7,8], tabela 1.

Metodologija i metode mjerenja sadržaja SO₂ u Bijeljini:

Praćenje koncentracije sumpor dioksida vršilo se automatskim monitorom APSA - 370 marke HORIBA (Japan) čije su karakteristike:

- monitorizamjerenjesumpordioksidauatmosferskom vazduha: SO_2
- mjerni opseg: 0 [ppm] do 0.05/0.1/0.2/0.5 [ppm]
- minimalna osjetljivost: 0.5 [ppb]
- princip mjerenja: metod ultravioletne fluorescencije, EN 14212

Na slici 4 dat je slikovit prikaz automatske mobilne mjerne stanice, slika 4-a dok su na slici 4-b prikazanimonitori za mjerenje SO_2 , NO_x , CO , ozona, LC_{10} i ULČ .



a)

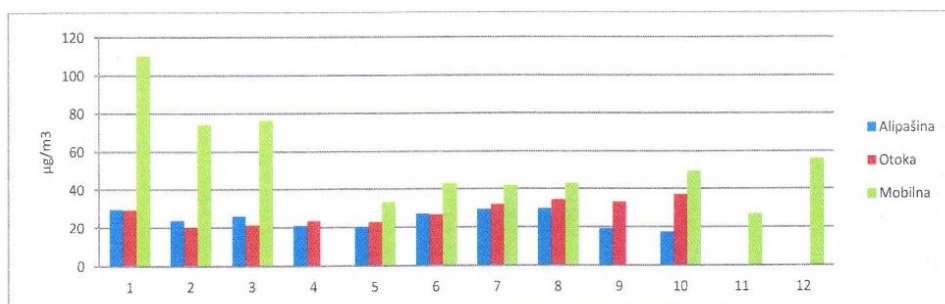


b)

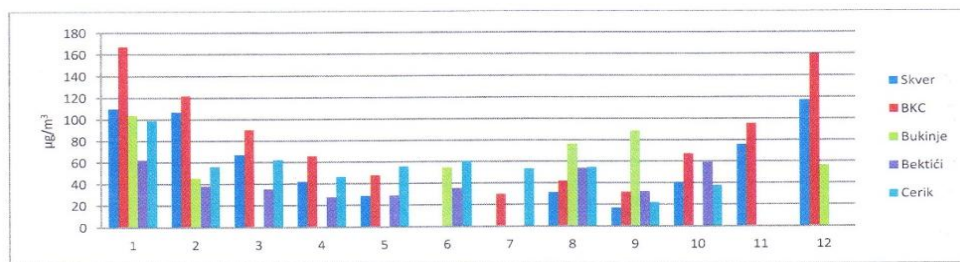
Slika 4. Automatska mjerena stanica, a; Monitori za mjerenje koncentracija: SO_2 , NO_x , CO , O_3 , LC_{10} i ULČ , b; Tehnički institut Bijeljina (slika N. Božić, 2015.) [7]

4. REZULTATI I DISKUSIJA

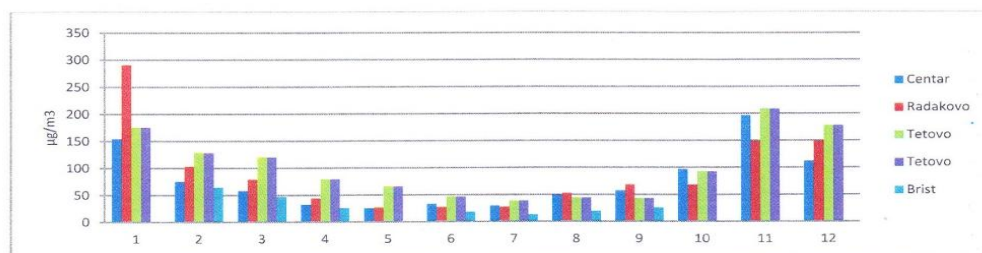
Prikaz srednjih mjesečnih koncentracija SO_2 u Sarajevu, Tuzli i Zenici, kao i vrijednosti srednjih godišnjih koncentracija SO_2 u Federaciji Bosne i Hercegovine za 2014. godinu dat je na slikama od 5 do 8 [6].



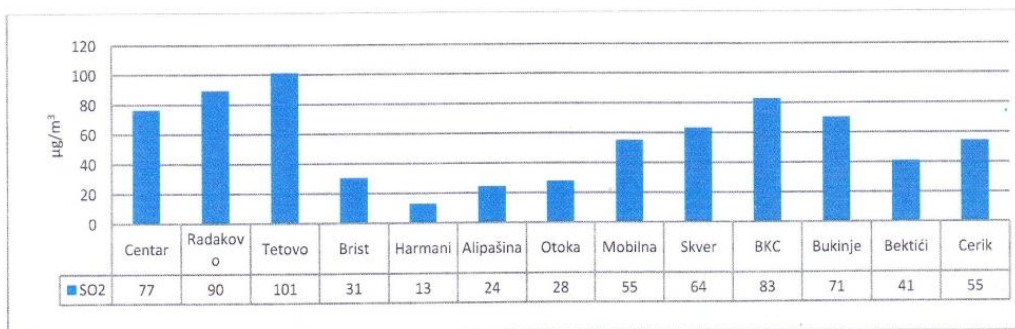
Slika 5. Srednje mjesečne koncentracije SO_2 u Sarajevu u 2014. godini (mjerna mjesta: Alipašina; Otoka i Mobilna)



Slika 6. Srednje mjesečne koncentracije SO_2 u Tuzli u 2014. godini (mjerna mjesta: Skver; BKC; Bukinje; Bektići i Cerik)



Slika 7. Srednje mjesečne koncentracije SO_2 u Zenici u 2014. godini (mjerna mjesta: Centar; Radakovo; Tetovo i Brist)



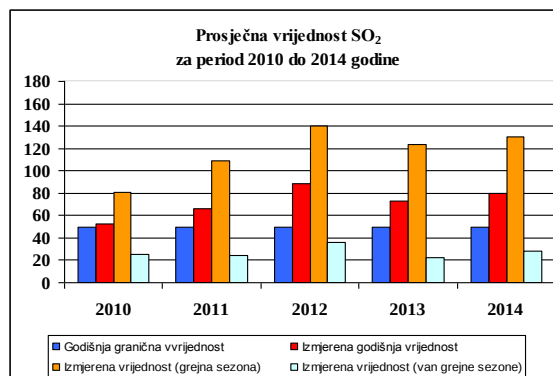
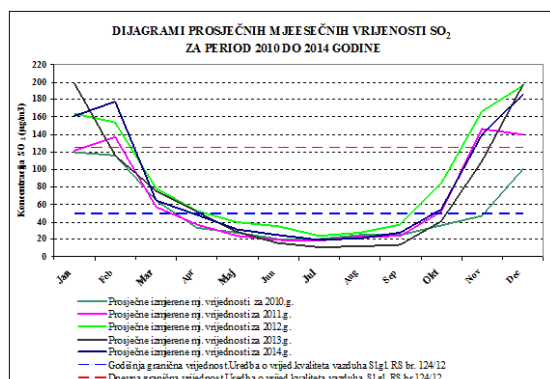
Slika 8. Srednje godišnje koncentracije SO_2 u Federaciji BiH u 2014. godini (mjerna mjesta: Centar; Radakovo; Tetovo; Brist; Harmani; Alipašina; Otoka; Mobilna; Skver; BKC; Bukinje; Bektići i Cerik) Prema rezultatima grafičkog prikaza (salike od 5 do 7) u pogledu prosječnih mjesečnih koncentracija SO_2 , zagađenje ovim polutantom je izraženije u Zenici i Tuzli nego u Sarajevu. Značajna prekoračenja koncentracija ovog zagađivača za ova dva grada su potvrđena i srednjim godišnjim koncentracijama u FBiH (slika 8), našta upućuju koncentracije SO_2 iznad $50 \mu g/m^3$. Prekoračenja dozvoljenih koncentracija su izražena u kasnim jesenjim, zimskim i kasnim proljetnim mjesecima.

Tabela 1. Prosječne mjesečne vrijednosti koncentracija SO_2 u Bijeljini za period 2010.-2014. godine (tri mjerna mjesta: plato ispred zgrade opštine; ul. Sremska-prijemna zgrada kolektiva Panafleks i ul. Dimitrije Tucovića - kolektiv Žitopromet)



	Prosječne mjesečne koncentracije SO ₂ [μg/m ³]					Granična godišnja vrijednost
	2010	2011	2012	2013	2014	
januar	120.1	121.3	163.8	199.1	161.5	50
februar	115.6	136.8	153.8	116.1	177.9	50
mart	64.6	57.2	78.3	75.9	64.3	50
april	33.2	36.4	52.3	51.6	47.5	50
maj	27.2	24.0	39.9	28.1	31.4	50
jun	19.8	19.4	34.8	15.5	24.7	50
jul	20.3	18.6	23.7	10.9	19.5	50
avgust	24.9	23.2	27.3	12.3	21.4	50
septembar	24.7	23.8	37.2	13.5	27.6	50
oktobar	36.3	51.6	84.0	40.5	54.2	50
novembar	47.0	146.5	166.2	109.8	139.6	50
decembar	100.4	139.8	195.7	197.3	185.6	50
Pros. god. vrijednost	52.8	66.6	88.1	72.55	79.6	50

Grafički prikaz dobijenih rezultata:



Slika 9. Dijagrami prosječnih mjesečnih vrijednosti koncentracija SO₂ u Bijeljini za period 2010-2014 godine

Rezultati mjerenja koncentracije SO₂ u vazduhu grada Bijeljine pokazuju da su izmjerene godišnje vrijednosti tokom perioda od pet godina veće od godišnje granične vrijednosti (50 μg/m³). Ovdje treba naglasiti da je ovo posljedica imisije u sezoni grijanja oktobar – mart kada su prosječne mjesečne vrijednosti bile u većini mjeseci znatno više od godišnje granične vrijednosti od 50 μg/m³. U toku ljetne sezone (april – septembar) prosječne mjesečne koncentracije su znatno ispod godišnje granične vrijednosti.

5. ZAKLJUČAK



Karakteristike antropogenog zagađenja vazduha su širok i disperzan problem. U principu postoje dva načina za smanjenje otpadnih emisija koje vode porijeklo iz industrijskog sektora: poboljšanje tehnološkog procesa i prečišćavanja otpadnih emisija, odnosno zadržavanje štetnih komponenti emisije, prije svega SO₂, i NO_x i dr. Primjenom savremenih metoda kod termoelektranamoguće je iz otpadnih emisija odstraniti 90% SO₂ i 99% pepela. U ove svrhe, u principu koriste se dva pristupa: neregativni (gas stupa u reakciju sa adsorbentom) i regenerativni pristup (reciklaža gasova – proizvodnja H₂SO₄). Prva opcija je ekološki teško prihvatljiva jer je veoma skupa i u ovoj opciji stvaraju se velike količine efluenta koji zagađuju vodu. Druga opcija podrazumijeva dodavanje pijeska i krečnjaka u smjesu radi njenog lakšeg sagorijevanja. Krečnjak upija SO₂ pri sagorijevanju uglja a zatim se uklanja pepelom. Naknadna ugradnja ovakvih postrojenja u naše termoelektrane je veoma komplikovana.

Studije novijeg datuma (EEA, 2010, Lim et al. 2012, WHO, 2013. i druge) navode brojne katastrofalne posljedice po čovječanstvo izazvano udisanjem zagađenog vazduha, posebno čestica PM_{2.5}. Neke od tih posljedica su: povećan ukupni nivo smrtnosti, uključujući one uzrokovane respiratornim problemima; kardiovaskularnim bolestima; karcinomima; povećan rizik od prijevremenog rođenja i smrtnosti dojenčadi; povećan rizik od upale pluća; povećan broj hospitaliziranih pacijenata i posjeta hitnoj pomoći; pogoršanje astmatičnih napada; povećano korištenje bronhodilatatora; povećan broj respiratornih simptoma u nižem i višem respiratornom traktu; smanjena plućna funkcija i td.

6. LITERATURA

- [1] D. Šukao, B. Arsenović: „Ispitivanje uticaja lebdećih čestica, PM₁₀, na kvalitet vazduha u gradu Banja Luka“ VI Naučni skup sa međunarodnim učešćem, Sinergija, 2010; Zbornik radova (str 257-279)
- [2] N. Božić: „Kvalitet vazduha u regionu SI BiH i značaj informisanja o kvalitetu“; Studija o kvalitetu vazduha u SI BiH; Centar za ekologiju i energiju, Tuzla 2009. godine
- [3] N. Đurić, N. Božić, R. Babić, B. Stojanović, M. Vidaković: „Monitoring ukupnih azotnih oksida u vazduhu grada Bijeljine“; UDC 504.3.054.(497.6 Bijeljina); Tehnički institut Bijeljina; Arhiv za tehničke nauke, G III, N^o 3
- [4] P. Ilić: „Zagađenje i kontrola kvaliteta vazduha u funkciji zaštite životne sredine“; Nezavisni univerzitet Banja Luka, 2014.
- [5] Đuković J, Bojanić V. Aerozagađenje, Institut zaštite i ekologije, Banja Luka, 2000.
- [6] Federalni hidrometeorološki zavod Sarajevo. “Godišnji izvještaj o kvalitetu zraka u Federaciji Bosne i Hercegovine za 2014. godinu”
- [7] B. Arsenović, D. Đurić, N. Đurić, M. Senić „Monitoring kvaliteta vazduha na području grada Bijeljina“ Međunarodna konferencija XVIII YuCorr - Stečište nauke i prakse u oblasti korozije, zaštite materijala i životne sredine; Tara 2016.
- [8] Pravilnik o graničnim vrijednostima kvaliteta vazduha (Sl. glasnik Republike Srpske broj 39/05)
- [9] Pravilnik o monitoringu kvaliteta vazduha (Sl. glasnik Republike Srpske broj 39/05)
- [10] Pravilnik o monitoringu emisija zagađujućih materija u vazduhu (Sl. glasnik Republike Srpske broj 39/05).