

KOMPARATIVNA ANALIZA KVALITETE VAZDUHA TOKOM GREJNE SEZONE I ANALIZA UTICAJA IZVORA ENERGIJE KORIŠĆENE U DOMAĆINSTVIMA NA TERITORIJI ZAJEČARA *

Danica Nedeljković, Dragana Dimitrievska

*Univerzitet u Beogradu, Tehnički fakultet u Boru, Odsek za inženjerski menadžment
Bor, Srbija*

Izvod

Ovaj rad analizira problem zagađenja vazduha u gradu Zaječaru. Veliki deo atmosferskih zagađivača, pored industrije i izduvnih gasova automobila, na ovoj teritoriji čine i domaćinstva. Izvori energije koje domaćinstva koristi za grejanje i pripremu hrane ispitani su na uzorku od 100 ispitanika. Rezultati pokazuju da većina ispitanika koristi drvo ili ugalj za grejanje, što dovodi do ispuštanja velike količine štetnih gasova u atmosferu. Prema podacima zabeleženim na stanici za praćenje kvaliteta vazduha, „Elektrotimok“ Zavoda za javno zdravstvo „Timok“ Zaječar, za 2018. godinu zabeležene su povišene vrednosti sumpor-dioksida, čađi i azot-dioksida u vazduhu, a zatim je izvršena poređenje ovih parametre u sezoni grejanja i van grejne sezone. Primećene su razlike u izmerenim vrednostima, što je pokazalo da postoji veza između grejanja i kvaliteta vazduha. U radu su predložena alternativna rešenja za grejanje koja su ekonomična i manje štetna za životnu sredinu.

Ključne reči: Zagađenje vazduha, Energetski proizvodi, grad Zaječar

1. UVOD

Zagađenje vazduha je jedan od najrizičnijih faktora za ljudsko zdravlje, ali takođe predstavlja rizik za bezbednost hrane, ekonomiju i životnu sredinu. Većina štetnih materija koje emituju ljudske aktivnosti proizilazi iz proizvodnje i upotrebe energije na bazi fosilnih goriva. Većina tih emisija sadrži sumpor-dioksid i azot-dioksid. Glavni izvor sumpor-dioksida potiče iz uglja, a glavni izvor emisije azot-dioksida su proizvodnja električne energije i izduvni gasovi iz vozila (Afif et al., 2008).

U glavne izvore aerogagađenja u Srbiji spadaju pogoni termo-energetskog sektora, kao što su: termo-elektre, rafinerije nafte, kućna ložišta koja troše tečna i čvrsta goriva, saobraćaj, građevinska delatnost kao i nesantitarne deponije čvrstog otpada (Zavod za javno zdravlje “Timok”, 2018)

Loš kvalitet vazduha se beleži u dužim vremenskim intervalima sa pogoršanjem situacije u toku zimskog perioda. Stalno rastući broj dana sa temperaturnim inverzijama u proleće i jesen pogoduje povećanom zagađenju vazduha.

* Rad saopšten na XV Studentskom simpozijumu o strategijskom menadžmentu

Jedan od gradova u Srbiji sa najvećim problemom u pogledu kvaliteta vazduha u zimskom periodu jeste Zaječar. Razlog tome su, pored industrije i izduvnih gasova automobila i kućna ložišta, koja u toku grejne sezone povećavaju koncentraciju čađi, sumpor-dioksida i azot-dioksida.

U ovom radu obrađen je problem aerozagađenja u Zaječaru uzrokovan prevelikim brojem kućnih ložišta koja koriste čvrste ogrevne materijale.

Kroz anketu, koja je obuhvatila stanovnike pet gradskih naselja u Zaječaru, zaključeno je koji su glavni energenti za ogrev kao i stav koji stanovnici imaju o zaštiti životne sredine i njihovom uticaju na istu.

2. AEROZAGAĐENJE

Vazdušni omotač, koji obavija Zemlju i zajedno sa njom učestvuje u njenim kretanjima, naziva se atmosfera. Ona štiti Zemlju od prevelikog zagrevanja, u toku dana i prevelikog hlađenja u toku noći. Da nema atmosfere, dnevno kolebanje temperature na Zemlji, iznosilo bi oko 2000°C, ne bi bilo vode, a samim tim ni života.

Zagađenje vazduha se može definisati kao prisustvo jednog ili više zagađivača u atmosferi na otvorenom u takvim količinama i trajanju koje mogu biti štetne za ljudski, biljni ili životinjski život ili na imovinu (materijale) ili negativno uticati na obavljanje svakodnevnih aktivnosti. Treba naglasiti da je pažnja u ovoj definiciji na otvorenom, ili ambijentalnom vazduhu, za razliku od vazduha u zatvorenom ili radnom okruženju. Atmosfera je normalno sastavljena od 79% azota, 20% kiseonika i 1% mešavine ugljen dioksida, vodene pare, i tragova nekoliko drugih gasova kao što su neon, helijum, metan, kripton, vodonik i ksenon (Canter, 1986).

Zagađenje vazduha je jedan od najvažnijih ekoloških problema u zemljama u razvoju (Haritash & Kaushik, 2007). Transport, industrija, elektrane, poljoprivreda, domaćinstva i upravljanje otpadom doprinose zagađenju vazduha u Evropi. Sumpor dioksid (SO₂) je jedan od najčešćih zagađujućih materija koji doprinosi taloženju kiseline, promeni klime i degradaciji vidljivosti. Ima negativan uticaj na ekosisteme, kao i na ljudsko zdravlje.

2.1. Industrija kao zagađivač

Zagađenje vazduha je ozbiljan problem u industrijskim oblastima. Pod uticajem teških metala zdravlje ljudi i životinja dovodi se u opasnost na duži vremenski period (Yoo et al., 2006). Nedostatak tehnologija za smanjenje zagađenja vazduha i zastarela proizvodna tehnologija, su jedan od najvećih zagađivača vazduha u Srbiji (Rose, 1972).

Industrijsko zagađenje je zagađenje koje se može direktno povezati sa lošim kvalitetom vazduha, za razliku od drugih izvora zagađenja. Ovaj oblik zagađenja je jedan od vodećih uzroka zagađenja širom sveta. Problem je uglavnom upotreba goriva kao što je ugalj i slabo razumevanje uzroka i posledica zagađenja. Industrijsko zagađenje takođe utiče na kvalitet vazduha, oštećuje životnu sredinu na više načina, ima negativan uticaj na ljudske živote i zdravlje. Zagađivači ubijaju životinje i biljke, škode ekosistemima, degradiraju kvalitet vazduha, oštećuju infrastrukturu i smanjuju kvalitet života.

2.2. Transportna sredstva kao zagađivači

Tokom poslednje decenije, automobilsko zagađenje se povećalo. Emisije izduvnih gasova automobila, čestice, nesagoreni ugljovodonici, ugljen monoksid, oksidi azota, pojedina kancerogena organska jedinjenja kao što su benzen i poliaromatski ugljovodonici nepovoljno utiču na zdravlje među izloženom populacijom. Još jedan razlog povećanja zagađenja je rapidno povećanje broja vozila.

Vozila su najveći pojedinačni izvor ugljen-monoksida u vazduhu. Kada ugljovodonična goriva sagorevaju, uz dovoljno prisustvo vazduha nastaje ugljen-dioksid (CO₂) i voda kao derivat, ali ako dođe do nedostatka kiseonika, umesto ugljen dioksida dobija se ugljen-monoksid (CO). Izduvni gasovi iz automobila izazivaju stvaranje smoga, magle i drugih toksičnih gasovitih mešavina kao i suspendovanih čestica. Taloženje ovih, posebno čvrstih čestica, utiče na zagađenje zemljišta, biljaka i vodenih tokova, nezaustavljivo ulazeći u sve biogeohemijske cikluse. Nepovoljno utiču na respiratorni sistem čoveka i životinja. Jedna od glavnih kompleksnih posledica ispuštanja štetnih gasova iz automobila je stvaranje staklene bašte.

2.3. Domaćinstva kao zagađivači

72% globalnih emisija gasova koji izazivaju efekat staklene bašte proizilazi iz domaćinstava. Ponašanje domaćinstava je ključna komponenta u klimatskim politikama, posebno u bogatijim zemljama (Rose, 1972).

U poslednje vreme grejanje prostora je izazvalo zabrinutost, ne samo zato što izvor toplote u velikoj meri zavisi od uglja koji je najvažniji fosilni resurs koji se suočava sa opasnošću od iscrpljenosti, već i zato što je čvrsto smatran glavnim krivcem zagađenja vazduha. Zbog toga sve veći broj istraživanja je pronalazi relaciju između načina zagrevanja prostora i kvaliteta vazduha (Dubois & Sovacool, 2018).

U vazduhu iznad naselja javljaju se i sekundarni zagađivači koji nastaju kao posledica reakcija primarnih zagađivača. Najbolji primer je zagađenost vazduha tokom zimske sezone gde dolaze do izražaja zagađujuće materije i gasovi koji dospevaju iz energetskih izvora kao što su toplane (gradske ili industrijske), i sama individualna ložišta. Prisustvo smoga i njegovog efekta su pojave koje to manifestuju.

Zagađenje vazduha od čađi u urbanim sredinama, često je posledica emisije čađi iz individualnih kotlarnica.

Prema podacima Američkog saveta za energetski efikasnu privredu, ukoliko bi se prosečna temperatura grejanja u domaćinstvima smanjila za 30 °C, uštedela bi se energija kojoj odgovara 500 000 barela nafte svakog dana. Prema istom izvoru, zagrevanje domaćinstva predstavlja najveći udeo u potrošnji energije, čak 40%. Pojedini sistemi za zagrevanje su i neefikasni, što za posledicu ima povećano izbacivanje štetnih materija u atmosferu. Tako 12% od ukupne emisije sumpor-dioksida i azot-dioksida, koji su uzročnici kiselih kiša, potiče od zagrevanja domaćinstva (Štrbac, 2007).

3. ZAGREVANJE PROSTORA

3.1. Načini zagrevanja prostora

Centralno grejanje - sistem daljinskog grejanja, gde se proizvodnja toplotne energije odvija u centralnoj jedinici sistema (gradskoj toplani) i dalje sprovodi do grejnih tela (radijatora). Kotlovi se razlikuju u zavisnosti od vrste ogreva koji koriste i mogu biti električni, gasni, na čvrsta ili tečna goriva.

Prednosti centralnog grejanja:

- usklađenost temperature u svim prostorijama,
- obezbeđeno održavanje sistema,
- bez dodatnih troškova.

Nedostaci centralnog grejanja:

- plaćanje računa za grejanje tokom cele godine, ne samo u zimskim mesecima,
- nemogućnost uključivanja i isključivanja grejanja po želji,
- zavisnost od toplane.

Etažno grejanje - funkcioniše na istom principu kao i centralno samo se centralnom jedinicom smatra kotao u samoj stambenoj jedinici

Prednosti etažnog grejanja:

- potpuna kontrola nad tim kada će grejanje biti uključeno,
- ne postoji obaveza plaćanja računa tokom cele godine,
- ne postoji zavisnost od gradske toplane,

Nedostaci etažnog grejanja:

- održavanje sistema,
- cene energenata,
- potreban prostor za kotao i ogrev.

Termoakumulacione peći (TA) – su jedan od najboljih vidova grejanja na struju. TA peći funkcionišu po principu akumuliranja toplote i njenog postepenog odavanja preko spoljnih površina, odnosno izduvavanjem toplote pomoću ventilatora. Kod izbora TA peći najvažnije je voditi računa o veličini, kapacitetu i termostatu kojim se temperatura podešava.

Prednosti TA peći:

- jednostavne su za montiranje i ne zauzimaju mnogo prostora,
- lako podešavanje temperature,
- manji troškovi zbog noćnog punjenja po jeftinijoj tarifi struje.

Nedostaci TA peći:

- značajan porast troškova ukoliko postoji potreba za dnevnom dopunom,
- ne može podjednako zagrejati sve prostorije, naročito u većem domu,
- trebalo bi uvek razmišljati o regulisanju temperature.

Klima uređaji - pored rashlađivanja prostora mogu biti i konkurentna grejna tela.

Prednosti klima uređaja:

- relativno mala potrošnja električne energije i trošak u odnosu na druga grejna tela,
- mogućnost programiranja za automatsko isključenje i daljinsko kontrolisanje,
- ne zauzima mnogo prostora.

Mane klima uređaja:

- grejanje može oslabiti ili biti onemogućeno na niskim temperaturama (u zavisnosti od modela),
- jedan uređaj ne može zagrejati sve prostorije ukoliko raspored nije pogodan,
- troškovi ugradnje i održavanja.

Podno grejanje - sve češći oblik zagrevanja; koji ne zahteva dopunska grejna tela

Prednosti podnog grejanja:

- izjednačena temperatura u celom domu,
- lepši izgled prostora bez grejnih tela,
- smanjena emisija štetnih gasova .

Nedostaci podnog grejanja:

- početna investicija pri ugradnji,
- potreba za radovima u stanu i podizanjem poda,
- potreba za toplotnom i hidroizolacijom.

Ostalo (grejalice, uljani radijatori, kaloriferi) - kada su sve standardne mogućnosti grejanja iscrpljene pribegava se drugim metodama, te metode najčešće uključuju korišćenje električne energije.

Prednosti električnih grejalica:

- mali početni trošak,
- ušteda prostora

Mane električnih grejalica:

- visok utrošak električne energije,
- pokrivaju mali prostor,
- temperatura se brzo spušta nakon isključivanja uređaja.

3.2. OGREVNI ENERGENTI

Ogrevno drvo je najzastupljeniji energent na našim prostorima. To je ujedno i jedan od obnovljivih izvora energije koji ne doprinosi povećanju emisije CO₂ u atmosferu. Toplotna moć drveta zavisi od vrste drveta i sadržaja vlage.

Drveni pelet se sastoji od pulverizovanog drveta sa primesom kore ili bez nje. Pelet spada u obnovljive izvore energije koji ne doprinosi povećanju emisije CO₂ u atmosferu. Toplotna moć peleta zavisi od koje vrste drveta je proizveden, kao i od sadržaja vlage.

Zemni gas je fosilno gorivo koje nastaje prirodnim raspadanjem organskog materijala, eksploatiše se iz podzemnih nalazišta uz pomoć bušotina ili metodom dobijanja gasa iz kamena. Ima malu emisiju CO₂ po količini oslobođene toplote.

Ugalj je fosilno gorivo nastalo od izumrlih ostataka biljaka i životinja. Ugljevi se dele u tri grupe: lignit, mrki i kameni ugalj. Eksploatiše se u zavisnosti od nalazišta i to u vidu površinskih kopova i rudarskih jama. Toplotna masa varira od 2 kWh/kg (lignit) do 9.7 kWh/kg (kameni ugalj), u zavisnosti od vrte uglja (Du & Sun, 2018).

Električna energija proizvedena električna energija u Srbiji nastaje 74% iz uglja (termoelektrana) i 26% iz hidroelektrana, te stoga potrošnja električne energije za grejanje doprinosi emisiji štetnih gasova, pre svega CO₂ u atmosferu.

4. METODOLOGIJA ISTRAŽIVANJA

Sastavni deo istraživačke metodologije jeste uzorkovanje. Uzorkovanje predstavlja proces odabira reprezentativnog uzorka, odnosno dela populacije. Preduslovi reprezentativnosti uzorka su:

1. Način izbora statističkih jedinica u uzorku mora biti nezavisan od vrednosti posmatranog obeležja.
2. Verovatnoća statističkih jedinica da uđu u uzorak mora biti unapred poznata.

U ovom istraživanju ciljna grupa jesu stanovnici grada Zaječara, pri čemu je u odabiru predstavnika populacije nasumično odabrano po 20 domaćinstava iz 5 naselja: Avnoj, Kotlujevac, Podliv, Vlačić i Kraljevica. Postoje kvantitativne i kvalitativne metode istraživanja.

4.1. Kvantitativne metode

Kvantitativna grupa metoda istraživanja se bazira na naukama kao što su matematika i statistika. Izvori podataka mogu biti obezbeđeni nekom od metoda prikupljanja podataka ili korišćenjem već postojećih statističkih podataka (iz prethodnih istraživanja). Brojne tehnike se koriste za primenu ovih metoda (intervjui, anketiranje). One se razlikuju po stepenu obuhvatnosti, broju ispitanika, kao i po pouzdanosti, brzini prikupljanja podataka, troškovima same metodologije i dr. Kvantitativne metode istraživanja se dele na (Du & Sun, 2018):

- Istorijski metod,
- Metod ispitivanja,
- Metod eksperimenta

Istorijski metod - metod direktnih podataka se odnosi na statističke podatke i metode kao što su: prosečne vrednosti, varijacije, indeksi, kretanje trendova, korelacija i regresija. U njoj se primenjuju regresiona i korelaciona analiza u zavisnosti da li se istraživanje

fokusira na dve ili više pojava ili se analizom dokazuje promenljivost jedne pojave u zavisnosti od promene druge. Prva pojava u ovom slučaju predstavlja zavisnu promenljivu, a druga nezavisnu promenljivu.

Metod ispitivanja - bazira se na istraživanju slučajnog uzorka ili putem direktnog kontakta ili preko telefona, pošte, e-mail-a. Tipovi istraživanja ove metode mogu biti:

- Prost slučajni uzorak podrazumeva da jedinice posmatranja imaju podjednaku verovatnoću da uđu u uzorak, dok je izbor jedinica populacije slučajan i može se uraditi uz pomoć kompjuterski generisanog procesa ili tablice slučajnih brojeva (Tomić & Marković, 1996).
- Uzorak sa nejednakom verovatnoćom - do sada je bilo reči o prostom slučajnom uzorku kod koga svaka jedinica ima jednaku verovatnoću da bude izabrana u uzorak. Takav izbor uzorka uglavnom ima teorijski značaj i retko se samostalno koristi u praksi, jer se jedinice uzorka često razlikuju po veličini, pa bi primenom prostog slučajnog uzorka ocene imale velike disperzije. To bi dovelo do smanjivanja njihove preciznosti. Zbog toga se češće primenjuje izbor sa verovatnoćom proporcionalnom veličini jedinca uzorka. Tako će, na primer kada se radi anketa koja obuhvata više gradova, gradovi sa većim brojem stanovnika imati veću verovatnoću da budu izabrani u uzorak (Tomić & Marković, 1996).
- Stratifikovani uzorak - u mnogim situacijama, kada je kod uzorka potrebno povećanje preciznosti ocene, vrši se stratifikacija. Stratifikacija (raslojavanje) podrazumeva podelu populacije na delove – stratume, disjunktne podskupove, čija unija obuhvata celu populaciju, sa zahtevom postizanja što veće homogenosti unutar stratuma (Tomić & Marković, 1996).

Metod eksperimenata - temelji se na hipotetičkoj pretpostavci pojave koja se istražuje. Pri istraživanju se formiraju dve grupe, od kojih se jedna izlaže dejstvu željenog faktora, a druga se prepušta slučajnosti. Nakon toga se putem verovatnoće dešavanja između ova dva faktora stiče uvid u mogućnosti konačnog ishoda, odnosno dobija se hipoteza.

4.2. Kvalitativne metode

Kvalitativna istraživanja imaju za cilj dubinsko razumevanje određenog ponašanja kao i otkrivanje razloga za takvo ponašanje. Uglavnom se sprovode dubinska intervjuisanja malih grupa ljudi, a rezultati su više opisne nego prediktivne prirode. Kvalitativne metode podrazumevaju intervjue sa pojedincima, fokus grupne diskusije (uglavnom 2-10 učesnika), vođenje dnevnika ili opservacije. Sesije mogu biti sprovedene lično (što je najčešći slučaj), telefonski, video konferencijom i putem Interneta (Lohr, 2011).

Obično su kvalitativne metode uvod u kvantitativne studije, a često se nakon kvantitativnih studija ponovo rade kvalitativne metode da bi se dobile najpreciznije informacije. Na ovaj način se meri vrednost određenih stavova potrošača koji su dobijeni intervjuisanjem, a zatim se može kvantifikovati pomoću neke od mernih skala.

Metoda anketiranja je postupak kojim se na temelju anketnog upitnika istražuju i prikupljaju podaci, informacije, stavovi i mišljenja o predmetu istraživanja.

Anketa je poseban oblik neeksperimentalnog istraživanja koje kao osnovni izvor podataka koristi lični iskaz o mišljenjima, uverenjima, stavovima i ponašanju, pribavljen odgovarajućim nizom standardizovanih pitanja.

Anketa, u širem smislu, označava istraživački postupak kojim se direktno, iz prve ruke, prikupljaju podaci i informacije o ekonomskim, sociološkim, demografskim, psihološkim i drugim osobinama skupine ljudi ili društvene zajednice.

4.3. Rezultati istraživanja o potrošnji različitih vidova energije

Anketnim upitnikom ispitivali smo građane Zaječara o osnovnim energentima koje koriste za ogrev, izolaciji prostora u kome žive, kao i prosečnim mesečnim troškovima za ogrev u cilju istraživanja potrošnje različitih vidova energije i zagađenja vazduha koje oni izazivaju, a koje je vidljivo u periodu grejne sezone na ulicama grada. Ispitali smo takođe i stavove građana o uštedi energije u svom domu, isključivanju grejnih sistema kada se ne koriste, prelasku na alternativne načine grejanja, kao i ličnom doprinosu u očuvanju životne sredine.

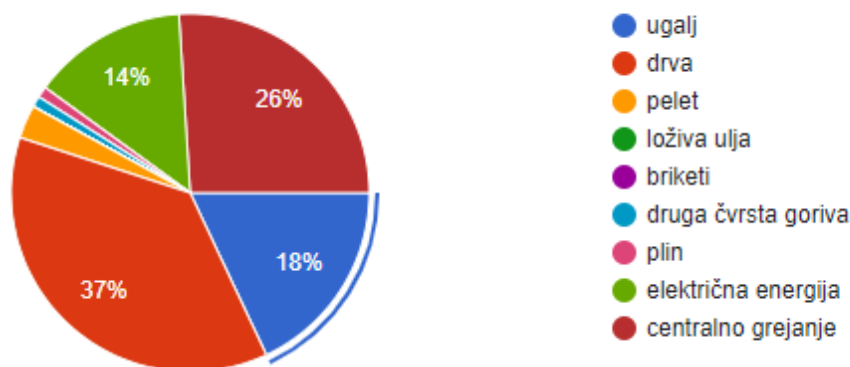
Upitnik je sastavljen iz 3 celine, u prvom se ispituju osnovni demografski podaci, drugi segment odnosi se na pitanja vezana za način zagrevanja domaćinstava, dok treći deo pokazuje stavove ispitanika o potrošnji energije i očuvanju životne sredine. Obuhvaćena su pitanja otvorenog i zatvorenog tipa, kao i pitanja koja mere stav ispitanika prema nekoj određenoj tvrdnji.

Veličina analiziranog uzorka je 100 ispitanika, od čega je 47% pripadnika ženskog i 53% pripadnika muškog pola. U kućama živi 60% ispitanog ispitanika, dok 40% živi u stanu.

Rezultati istraživanja pokazali su sledeće rezultate. Najveći broj ispitanika (79%) živi u domaćinstvu sa članovima koji pripadaju starosnoj grupi od 30 do 60 godina.

Ispitivanjem grejne površine, došlo se do zaključka da najveći procenat ispitanika zagreva površinu od 60m², 8% živi u domaćinstvu gde grejna površina iznosi 120 i 150m².

Osnovni energent koji se koristi za ogrev ispitane populacije jeste drvo (37%), zatim centralno grejanje (26%) i ugalj (18%). Sama činjenica da se navedeni energenti najčešće koriste za ogrev, predviđa razliku u kvalitetu vazduha u grejnoj i van grejne sezone. Raspodelu prema energentima možemo videti na slici 1.



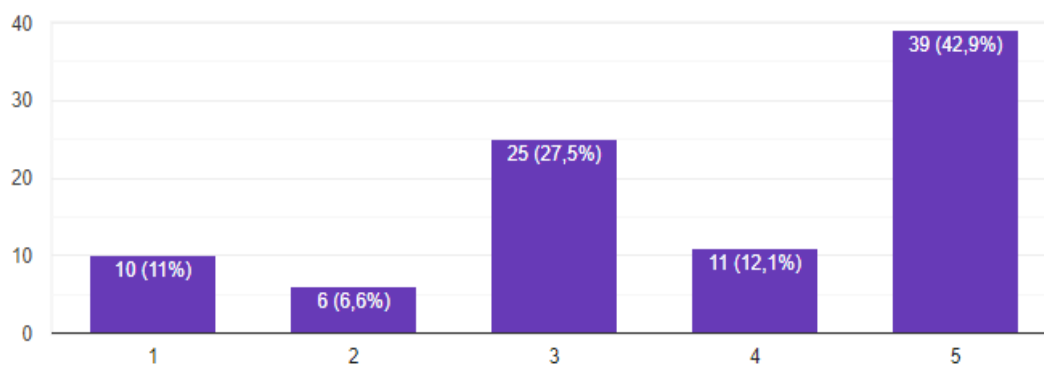
Slika 1. Osnovni ogrevni energenti

Više od 50% ispitanika nema izolaciju u svom domu, dok su prozorska okna dvostruka drvena, a vrata takođe drvena. Ovaj podatak nam pokazuje da postoji gubitak toplotne energije, te se povećavaju i troškovi u toku grejne sezone.

Poslednji segment ispitivanja meri prihvaćenost i intenzitet stava ispitanika prema uštedi energije i zaštiti životne sredine. Za kvantifikaciju ovih parametara korišćena je Likertova petostepena skala, gde su izražene vrednosti imale sledeće značenje: 1-uopšte se ne slažem, 2-uglavnom se ne slažem, 3-neutralan sam, 4-uglavnom se slažem, 5-u potpunosti se slažem.

Prvo pitanje iz ovog seta pitanja vezuje se za svest o uštedi energije u domu i 71% ispitanika u potpunosti se slaže sa stavom da je nužno razmišljati o uštedi energije, 15% je neutralno, dok se 14% ispitanika ne slaže.

Kroz analizu ostalih pitanja došlo se do zaključka da je novac presudan faktor pri izboru energije za ogrev, kao i da 43% ispitanika razmišlja o prelasku na alternativni način grejanja koji bi manje štetio okolini, što se može zaključiti sa slike 2.



Slika 2. Spremnost na prelazak na alternativni način grejanja

Poslednja dva pitanja direktno su usmerena na svest ispitanika o njihovom uticaju na očuvanje životne sredine, gde su odgovori sledeći. 71.4% ispitanika se slaže sa tvrdnjom da su ljudi direktno odgovorni za povećanje emisije štetnih gasova u atmosferi, a 78% ispitanika se u potpunosti slaže sa tvrdnjom da je lični doprinos pojedinca veoma važan u očuvanju životne sredine.

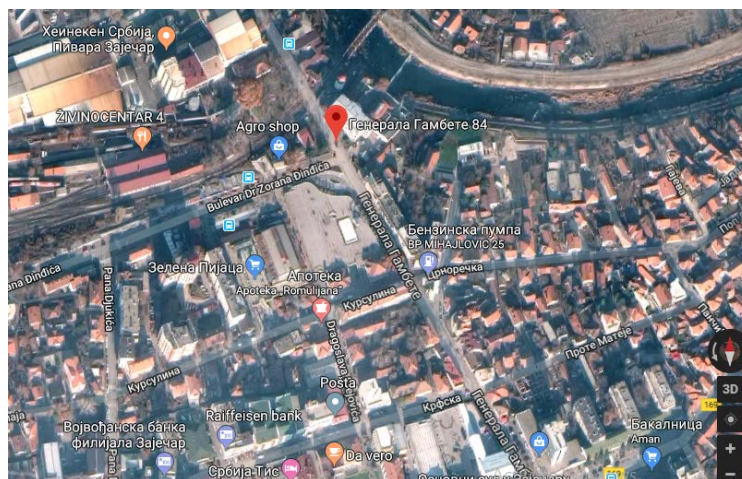
Cilj ispitivanja zagađenosti vazduha u Zaječaru je da se:

- odrede koncentracije opštih štetnih materija u vazduhu, kako bi se dobio uvid o stepenu zagađenosti vazduha;
- dobijeni rezultati se porede sa graničnim vrednostima (GV), koje određuje Zakon o zaštiti životne sredine i prateći propisi;
- paralelno izvršiti analizu čvrstih goriva koja se sagorevaju u kućnim ložištima i tako dobiti sliku o stanovnicima Zaječara o tome šta oni biraju za ogrev.

Industrijsko zagađenje poslednjih godina nije karakteristično za grad Zaječar, pa bi pažnju trebalo skrenuti na najkarakterističnije lokalne izvore zagađenja, a to su kućna ložišta. U procesu sagorevanja dolazi do oslobađanja dimnih gasova koji negativno utiču na životnu sredinu. Kako bi umanjili taj negativan uticaj neophodno je periodično vršiti ispitivanja na ložišnim uređajima merenjem emisije dimnih gasova. Takav sistem merenja emisije dimnih gasova nije razvijen na teritorijalnom području grada Zaječara te je nemoguće precizno utvrditi koji procenat zagađenja uzrokuju ložišta. Ono što se može utvrditi jeste razlika između izmerenih parametara zagađivača vazduha u toku i izvan grejne sezone. U ovom radu analizirani su podaci o izmerenim dnevnim vrednostima koncentracije sumpor dioksida, azot dioksida i čađi na mernom mestu „Elektrotimok“ u periodu od 01. januara do 31. decembra 2018. godine preuzeti od strane Zavoda za javno zdravlje.

Zavod za javno zdravlje „Timok“ na osnovu ugovora zaključenog sa Ministarstvom za zaštitu životne sredine svakodnevno vrši merenja i određuje koncentraciju sumpor dioksida, čađi i azot dioksida u vazduhu. Na mernom mestu „Elektrotimok“ u Zaječaru, u ulici Generala Gambete 84 redovno se prati stepen aerozagađenja, vrednosti navedenih parametara koji pokazuju kvalitet vazduha.

Merno mesto „Elektrotimok“ nalazi se u centru grada, koordinate su 0221703E i 435421 N, dok nadmorska visina grada iznosi 137 m. Makrolokacija mernog mesta prikazana je na slici 3.



Slika 3. Lokacija mernog mesta Elektrotimok Zaječar
(Izvor: <https://www.google.com/maps>)

Uređaji za uzorkovanje vazduha smešteni su u zgradi ED Zaječar, a usisne cevi se nalaze na visini od oko 2m od tla.

Prema *Uredbi o uslovima za monitoring i zahtevima kvaliteta vazduha* (“Službeni glasnik RS” br. 11/10 i 75/10) maksimalne dozvoljene koncentracije za zaštitu zdravlja ljudi u slučaju namenskih merenja su predstavljene u tabeli 1.

Tabela 1. Granične vrednosti za opšte i specifične zagađujuće materije

Parametar	Vreme usrednjavanja	Granična vrednost
Sumpor-dioksid (SO ₂)	Dan	125μg/m ³
	Kalendarska godina	50μg/m ³
Čađ	Dan	50μg/m ³
	Kalendarska godina	50μg/m ³
Azot-dioksid (NO ₂)	Dan	85μg/m ³
	Kalendarska godina	40μg/m ³

Izvor: “Službeni glasnik RS” br. 11/10 i 75/10

4.3.1. Sumpor-dioksid

Uzorkovanje vazduha za ispitivanje sadržaja SO₂ vrši se pomoću pumpi malog protoka (AT-801X) tako što se vazduh 24 časa propušta kroz ispiralicu, u kojoj je rastvor natrijum-tetrahlormerkurata (TCM). Aparat beleži zapreminu provučenog vazduha, nakon čega se u laboratoriji spektrofotometrijski na 560 nm određuje koncentracija SO₂. Granična vrednost (GV) za sumpor dioksid je 125μg/m³ za 24-časovni uzorak.

Na ovom mernom mestu ukupan broj merenja sumpor dioksida bio je 349. Srednja godišnja koncentracija iznosila je 15.64 μg/m³, što je manje od godišnje granične i godišnje tolerantne vrednosti (50 μg/m³). Najveća srednja mesečna vrednost izmerena je u januaru i iznosila je 35.53 μg/m³. Nisu zabeležene vrednosti iznad dnevne granične i dnevne tolerantne vrednosti. Maksimalna izmerena koncentracija SO₂ u atmosferi iznosila je 103.14 μg/m³ (22./23.01.2018.) što se može videti u tabeli 2. Srednja vrednost u grejnoj sezoni iznosila je 18.55 μg/m³, dok je srednja vrednost van grejne sezone iznosila 11.64

$\mu\text{g}/\text{m}^3$, što nam pokazuje da je tokom grejne sezone izmerena koncentracija sumpor dioksida u vazduhu veća nego u mesecima van grejne sezone.

Tabela 2. Podaci o merenjima SO_2 za 2018. godinu

Broj merenja	349
Srednja godišnja koncentracija SO_2	15.64 $\mu\text{g}/\text{m}^3$
Najveća srednja mesečna vrednost	35.53 $\mu\text{g}/\text{m}^3$
Broj dana preko GV	0
Maksimalna dnevna koncentracija	103.14 $\mu\text{g}/\text{m}^3$
Srednja vrednost u grejnoj sezoni	18.55 $\mu\text{g}/\text{m}^3$
Srednja vrednost van grejne sezone	11.64 $\mu\text{g}/\text{m}^3$

4.3.2. Čađ

Zagađenje vazduha od čađi u urbanim sredinama, često je posledica emisije čađi iz individualnih kotlarnica. Pojedini sistemi za zagrevanje su i neefikasni, što za posledicu ima povećanu emisiju štetnih gasova u atmosferu. Tako 12% od ukupne emisije SO_2 i NO_2 , koji su uzročnici kiselih kiša, potiče od zagrevanja domaćinstva (Zavod za javno zdravlje "Timok", 2018).

Uzorkovanje vazduha za ispitivanje sadržaja čađi vrši se takođe pomoću pumpi malog protoka, tako što se vazduh 24 časa propušta kroz filter, zatim beleži zapremina provučenog vazduha, a nakon toga se na reflektometru očitava stepen zatamnjenja na osnovu kojeg se određuje koncentracija čađi. Ukupan broj merenja čađi na mernom mestu "Elektrotimok" bio je 335. Srednja godišnja koncentracija iznosila je 25.08 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, što je manje od maksimalne dnevne vrednosti (50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$), dok je najveća srednja mesečna vrednost izmerena u decembru i iznosila je 43.09 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. U toku perioda merenja, bilo je 22 dana kada je koncentracija čađi bila veća od dnevne maksimalno dozvoljene vrednosti. Najveća koncentracija zabeležena je 20. decembra 2018. i iznosila je 129.75 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. Srednja vrednost u grejnoj sezoni iznosila je 28.82 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, a srednja vrednost van grejne sezone iznosila je 19.68 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. Na osnovu razlike u merenjima koncentracije čađi u vazduhu u grejnoj i van grejne sezone može se zaključiti da ovaj parametar ima veće oscilacije u odnosu na druga dva parametra u okviru perioda u toku grejne sezone i van grejne sezone, iz razloga što su sumpor-dioksid i azot-dioksid zagađivači koji se pretežno emituju iz industrijskih pogona i motora automobile, što se može videti u tabeli 3.

Tabela 3. Podaci o merenjima koncentracije čađi u vazduhu za 2018. godinu

Broj merenja	335
Srednja godišnja koncentracija	25.08 $\mu\text{g}/\text{m}^3$
Najveća srednja mesečna vrednost	43.09 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (u januaru)
Broj dana preko GV	22
Maksimalna dnevna koncentracija	129.75 $\mu\text{g}/\text{m}^3$
Srednja vrednost u grejnoj sezoni	28.82 $\mu\text{g}/\text{m}^3$
Srednja vrednost van grejne sezone	19.68 $\mu\text{g}/\text{m}^3$

4.3.3. Azot-dioksid

Uzorkovanje vazduha za ispitivanje sadržaja NO_2 vrši se takođe pomoću pumpi malog protoka, tako što se vazduh 24 časa propušta kroz ispiralicu, sa apsorpcionim rastvorom triatnolaminom (TEA). Aparat beleži zapreminu provučenog vazduha, a zatim se spektrofotometrijski određuje koncentracija NO_2 .

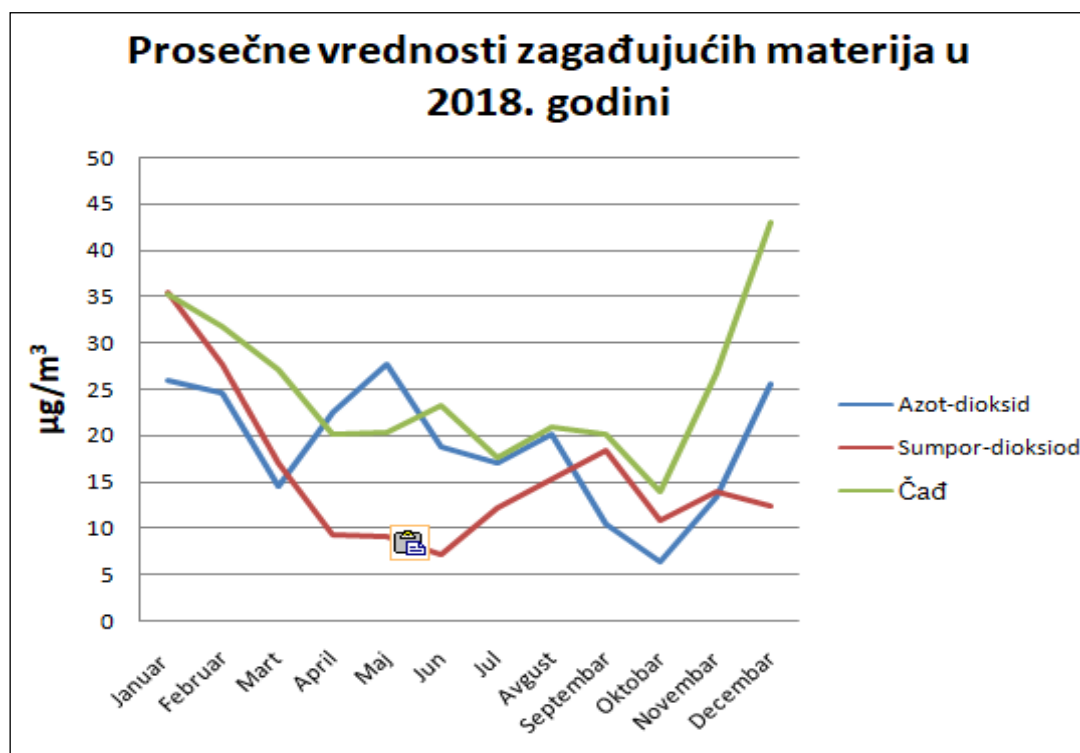
Ukupan broj merenja azot dioksida na ovom mernom mestu bio je 364. Srednja vrednost svih izmerenih koncentracija iznosila je 19.11 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, što je manje od godišnje granične

vrednosti od $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Najveća srednja mesečna vrednost izmerena je u maju i iznosila je $27.64 \mu\text{g}/\text{m}^3$. U toku perioda merenja bilo je 5 dana kada je koncentracija čađi u vazduhu bila iznad granične vrednosti, koja iznosi $85 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Najveća koncentracija zabeležena je 3. januara 2018. i iznosila je $98,02 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Srednja vrednost u toku grejne sezone iznosi $20.26 \mu\text{g}/\text{m}^3$, dok je srednja vrednost van grejne sezone $15.59 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Što se može videti u tabeli broj 4.

Tabela 4. Podaci o merenjima koncentracije NO_2 u vazduhu za 2018. godinu

Broj merenja	364
Srednja godišnja koncentracija	$19.11 \mu\text{g}/\text{m}^3$
Najveća srednja mesečna vrednost	$27.64 \mu\text{g}/\text{m}^3$
Broj dana preko GV	5
Maksimalna dnevna koncentracija	$98.02 \mu\text{g}/\text{m}^3$
Srednja vrednost u grejnoj sezoni	$20.26 \mu\text{g}/\text{m}^3$
Srednja vrednost van grejne sezone	$15.59 \mu\text{g}/\text{m}^3$

Na slici 4 može se videti mesečno kretanje zagađujućih materija u vazduhu tokom 2018. godine.



Slika 4. Prosečne vrednosti zagađujućih materija u 2018. godini

Na grafiku vidi se nagli porast vrednosti na samom početku grejne sezone (u oktobru) sva tri parametra. Vrednosti u toku grejne sezone su povećane u odnosu na vrednosti van grejne sezone. Takođe se vidi da kako grejna sezona odmiče tako i sva tri parametra izmerenih emisija zagađivača vazduha srazmerno rastu.

Na osnovu prethodna dva istraživanja (anketa i izmerene vrednosti zagađivača vazduha) iz kojih je zaključeno da je kvalitet vazduha na nižem nivou u toku grejne sezone u odnosu na period van grejne sezone zbog korišćenja pretežno čvrstog goriva kao ogrevnog energenta i spremnosti stanovnika Zaječara na prelazak na drugi, manje štetan način grejanja kao i njihovu brigu za očuvanje životne sredine u daljem tekstu dati su predlozi alternativnih načina grejanja, koji pored svoje efikasnosti nemaju gotovo nikakvu emisiju štetnih gasova, već su potpuno ekološki i proizvode toplotnu energiju iz obnovljivih izvora.

4.4 Načini grejanja iz obnovljivih izvora

Toplotna pumpa - odnosno agregat za proizvodnju toplotne energije (slika 5), funkcioniše apsorbovanjem i prenosom energije iz jedne sredine u drugu prilikom čega se jedan deo električne energije troši. Toplotne pumpe koriste besplatnu energiju iz prirode (75-80%) i dopunjuju je električnom energijom. U zavisnosti od tehnologije toplotne pumpe koriste različite izvore energije: zemljište, podzemne vode, vazduh (Obnovljivi izvori energije, 2018). Ne zahtevaju održavanje tokom grejne sezone, nije potreban dimnjak, nije potrebno kupovati, transportovati i skladištiti energente unapred, mikroprocesorsko i daljinsko upravljanje sistemom.



Slika 5. Toplotna pumpa
(Izvor: <https://doming.rs/catalog>)

Solarni vakumski kolektori - trenutno najzastupljeniji vid korišćenja obnovljivih izvora energije (slika 6). Solarni kolektori koriste se za zagrevanje vode i prostora; ovim vidom zagrevanja troškovi za toplotnom energijom smanjuju se i do 80% (Obnovljivi izvori energije, 2018). Pogodni su za upotrebu tokom cele godine, novije generacije omogućavaju korišćenje i na veoma niskim temperaturama.



Slika 6. Solarni vakumski kolektori
(Izvor: <http://www.solarni-kolektori.net/solarni-vakuumski-kolektori/>)

Solarni fotonaponski kolektori (solarni PV moduli) - solarna fotonska energija pomoću solarnih fotonaponskih kolektora (slika 7) i prateće opreme konvertuje sunčevu svetlost u električnu energiju koje se dalje koristi za napajanje aparata i uređaja u domaćinstvima (Obnovljivi izvori energije, 2018). U kombinaciji sa vetrogeneratorima povećava svoji energetska efikasnost.



Slika 7. Solarni fotonaponski kolektor (PV modul)

(Izvor: <http://www.solarni.rs/primena.htm>)

5. ZAKLJUČAK

Treba naći način i motivisati pojedince da budu proaktivni u pogledu zaštite životne sredine. Potreban je uravnoteženiji pristup između potrošnje i proizvodnje u pogledu količine emisija i strategija ublažavanja, razumevanja onoga što može motivisati usvajanje životnih stilova i tehnologija sa niskom emisijom sumpor-dioksida, čađi i azot-dioksida. Postoji snažna potreba da se shvate barijere i motivacije za promene potrošnje na individualnom nivou, posebno kada je povezana sa urgentnošću globalnih dešavanja.

Kontrola ličnih izvora zagađenja, regulacija grejnih tela, promena načina života (prodavanje automobila i vožnja javnim prevozom), prelazak na manje zagađivače ili promena oblika zagađenja neki su od načina očuvanja biodiverziteta, što dovodi do poboljšanja kvaliteta života čoveka i dugoročno gledano, sigurniji i zdraviji život za generacije koje dolaze. Zagađivanje predstavlja promenu životne sredine na „gore“ čime se menja njen prirodni sastav. Zagađivanje životne sredine je i planetarni problem s obzirom da se procesi zagađenja prenose vazдушnim strujanjem na velike udaljenosti. Kako su prirodni ekosistemi međusobno povezani uočava se uzročno-posledično zagađenje elemenata životne sredine (Đorđević, 2008).

COMPARATIVE AIR QUALITY ANALYSIS DURING AND OUT OF THE HEATING SEASON AND IMPACT ANALYSIS OF ENERGY SOURCES USED IN THE HOUSEHOLDS IN THE TERRITORY OF ZAJECAR

Danica Nedeljković, Dragana Dimitrievska

*University of Belgrade, Technical faculty in Bor, Engineering Management Department
Bor, Serbia*

Abstract

This paper analyzes the problem of air pollution in the city of Zaječar. The households make a big part of atmospheric pollutants, beside the industry and exhausted gases of cars on this territory. The sources of energy which these households use for heating and food preparation were examined on the sample of 100 respondents. The results show that most of the population uses wood or coal for heating, which leads to the release of large amounts of harmful gases into the atmosphere. According to the data recorded on the air quality monitoring station "Elektrotimok" of the public health institute "Timok" Zaječar for 2018, raised values of sulfur dioxide, soot and nitrogen dioxide in the air were recorded, and then was performed a comparison of these parameters in the heating and out-of-heating season. There have been noticed differences in measured values, which showed that there is a relation between heating and air quality. In the paper are suggested alternative solutions for heating, which are economical and less harmful to the environment.

Keywords: *Air pollution, Energy products, City of Zaječar*

LITERATURA / REFERENCIAS

Canter, L.W. (1986). Ground water pollution control, National Center for Ground Water Research, University of Oklahoma.

Chélala, C., Borbon, A., Abboud, M., Adjizian-Gérard, J., Farah, W., Jambert, C., Rita Zaarour, R., Badaro, N., Perros, P.E., Rizk, T. (2008). SO₂ in Beirut: air quality implication and effects of local emissions and long-range transport. *Air Quality, Atmosphere & Health*, 1, 167-178.

Đorđević, M. (2008). Zagađivanje zemljišta, vazduha i vode, Univerzitet u Beogradu, Filološki fakultet, str. 466.

Du, T., Sun. Y. (2019). Correlation of Building Heating And Air Qualities in Typical Cities of China, *Energy Procedia*, 158, 6532-6537.

Dubois, G., Sovacool, B. and et al. (2018). It starts at home? Climate policies targeting household consumption and behavioral decisions are key to low-carbon futures. University of Sussex, Energy Research & Social Science, 52, 144-158.

Haritash, A.K., Kaushik, C.P. (2007). Assessment of Seasonal Enrichment of Heavy Metals in respirable Suspended Particulate Matter of a Sub-Urban Indian City, Environ Monit Assess, 128(1-3), 411-20.

Kojić, M. (2015). Primene planova teorije uzoraka u ekonomiji, master rad, Prirodno-matematički fakultet Departman za matematiku, Niš

Lohr, S.L. (2010). Sampling: Design and Analysis, Brooks/Cole, Cengage Learning

Obnovljivi izvori energije, (2018). Dostupno na: <https://unissgrejanje.com/obnovljive-energije/obnovljivi-izvori-energije.php>

Riznić, D., Vojnović, B. (2008). Menadžerska sredstva i alati u funkciji regionalnog razvoja Srbije, Tehnički fakultet Bor, str. 96-105.

Rose, R.D. (1972). Air Pollution and Industry. New York: Van Nosstrand Reinhold Comp

Štrbac, N. (2007). Tehnologija i poznavanje robe, Tehnički fakultet Bor, str. 78-81.

Tomić, P., Marković, S. (1996). Turizam i zaštita životne sredine-Skripta za studente. Novi Sad, Prirodno-matematički fakultet, Institut za geografiju, str. 17.

Yoon, J., Cao, X., Zhou, Q., Ma, L.Q. (2006). Accumulation of Pb, Cu, and Zn in Native Plants Growing on a Contaminated Florida Site. Sci. Total Environ. 368, 456-464.

Zavod za javno zdravlje "Timok", (2018). Izveštaj o kvalitetu vazduha u Zaječaru za 2018. godinu