

Originalan naučni rad
УДК 502.1:665.6
DOI 10.7251/SVR2224037D

BEZBJEDNOSNI RIZICI ELEKTROIZOLACIONOG ULJA PO ŽIVOTNU SREDINU I LJUDSKFU POPULACIJU

Dragiša Đordić¹

Slavko Đurić²

Milan Milotić³

Apstrakt: Glavni cilj istraživanja u radu je analiza opterećenosti prioritetno područja oko rijeke Drine, sa količinama elektroizolacionih ulja koje se nalaze u uređajima energetskih objekata, u užoj i široj blizini riječnog toka, sa aspekta rizika po bezbjednost, što je u funkciji identifikacije rizika i opasnosti po vodne tokove i zaštite životne sredine, a time i zdravlja i bezbjednosti ljudi. U skladu sa izvršenim prikupljanjem podataka na terenu, analizom relevantnih naučnih radova i statističkom analizom te sintezom podataka, izvršeno je razmatranje i identifikovanje bezbjednosnih rizika po medijume životne sredine i neophodnosti primjene multidisciplinarnih mjera zaštite. Istraživanjem stanja na terenu, utvrđeno je da su u užem i širem području Drine kao glavnog vodnog toka istočnog dijela Republike Srpske, odnosno Bosne i Hercegovine, smještene velike količine ulja (71615 l), koja se koriste u funkciji izolacije i hlađenja transformatora i uljnih prekidača, što je prosječno 2754 l elektroizolacionog ulja po energetskom objektu. Od ukupne identifikovane količine elektroizolacionog ulja najveći dio (28090 l tj. 39,22%) ulja je raspoređen u energetskim objektima gradova i opština koje gravitiraju srednjem toku rijeke Drine, slično kao i u donjem toku iste rijeke (27095 l tj. 37,83% ulja). Predmetno naučno istraživanje, u skladu sa dobijenim rezultatima, ukazuje da postoji značajan bezbjednosni rizik i potencijana opasnost od ekoloških posledica po vodne tokove i životnu sredinu, naročito u slučaju havarija i otkaza zaštitnog sistema energetskih objekata, uzrokovanih višom silom.

Ključne riječi: životna sredina, vodni tokovi, elektroizolaciono ulje, rizici, zaštita

¹ Nezavisni univerzitet Banja Luka, Fakultet za ekologiju; dragisa.djordic@nubl.org, zastitad@gmail.com.

² Univerzitet u Istočnom Sarajevu, Saobraćajni fakultet; slavko.djuric@sf.ues.rs.ba.

³ Univerzitet u Istočnom Sarajevu, Saobraćajni fakultet; milan.milotic@sf.ues.rs.ba.

UVOD

Predmet istraživanja u radu predstavljaju opasne karakteristike elektroizolacionog ulja (transformatorsko ulje i ulja u prekidačima), u integraciji sa kriterijumom blizine vodotokovima lokacija na kojima se nalaze objekti sa većim količinama navedenih ulja, a sve sa aspekta rizika po bezbjednost životne sredine i ljudi. Navedeni predmet istraživanja je veoma važan segment u zaštiti životne sredine, posebno zbog sve većeg zagadenja i ugrožavanja životne, ali i radne sredine.

Prioritetni cilj rada je istraživanje opterećenosti pretežno područja oko rijeke Drine sa količinama elektroizolacionih ulja, koje se nalaze u uređajima energetskih objekata u užoj i široj okolini rijeke Drine, a sve u funkciji identifikacije bezbjednosnih rizika po vodne tokove i životnu sredinu, te blagovremenog zaštitnog djelovanja. Bezbjednosne rizike i opasnosti je neophodno blagovremeno i sveobuhvatno identifikovati, radi sprovođenja odgovarajućih preventivnih i korektivnih mjera zaštite. Navedeni cilj istraživanja je prioritetno usmjeren na eliminisanje ili smanjenje rizika od kontaminacije životne sredine i potencijalnih vanrednih situacija, pri različitim manipulacijama sa elektroizolacionim uljima i upravljanju njihovim tokovima, minimizaciju otpadnih ulja, te efikasnije zaštite medijuma životne sredine, posebno vodnih tokova i zemljišta.

U funkciji zaštite životne sredine i bezbjednosti, ljudi teži se ostvarenju sledećih ciljeva: smanjenje potencijalnih rizika po životnu sredinu, kao i zdravstvenih rizika, na prihvatljiv nivo; minimizacija količina opasnih materija i opasnog otpada; bezbjedno upravljanje otpadom, uz redukciju troškova i poštovanje zahtjeva zakonske regulative (Zakon o zaštiti životne sredine, 2012, 2015, 2020; Zakon o upravljanju otpadom, 2013, 2015, 2018, 2020, 2021; Zakon o zaštiti na radu, 2008, 2010; Zakon o zaštiti od požara, 2012).

Veoma važno za Republiku Srpsku, a time i Bosnu i Hercegovinu (BiH) te Srbiju i druge zemlje u užem i širem okruženju, je realizacija bezbjednog postupanja sa elektroizolacionim i drugim vrstama ulja, te otklanjanje potencijalnih rizika, doslednom primjenom seta zaštitnih i drugih mjera.

Istraživači u oblasti elektroizloacionih i drugih ulja su vršili analize različitih parametara i specifičnosti predmetnih ulja, pomoću dostupnih tehnika, metoda i uređaja.

Analize akumulacije rizika, od svakodnevnih opasnosti do katastrofa; procjene ekološkog rizika i zaštite životne sredine; efikasnog reagovanja

i učešća države u procjeni rizika, preduzimanju mjera i sanaciji šteta; vršene su sa različitih aspekata istraživanja (Bull-Kamanga, et al., 2003; Todorović, Bakrač, 2010; Sertić, 2020). Istraživanja fizičko-hemijskih karakteristika, životnog ciklusa i kontaminacije transformatorskih-elektroizloacionih i drugih ulja; kao i ekoloških aspekata bezbjednog korišćenja i odlaganja ulja; postupanja i upravljanja sa opasnim otpadnim uljima, zbog potencijalnog zagađenja životne sredine; te planiranja i funkcionalisanja sistema; vršilo je više istraživača (Toudja, et al., 2012; Đurđević, Vojinović-Miloradov, Sokolović, 2008; Teslić, et al., 2010; Musulin, 1999; Petrović Gegić, Živković, 2010; Kiš, et al., 2007; Panić, 2010). Dala Đovana i saradnici u organizaciji „International centre for science and high technology, United Nations, Industrial development organization“ su objavili rad (Giovanna, et al., 2003) u kome je posebno naglašeno da postoji nedostatak realizacije optimalnog upravljanja uljem, posebno otpadnim, na koje treba naročito obratiti pažnju u zemljama u razvoju, zbog važnosti ovog pitanja.

Analizom dostupne literature, može se zaključiti da nema dovoljno podataka o bezbjednosnim rizicima elektroizolacionog ulja po životnu sredinu i ljudsku populaciju Republike Srpske-BiH i drugih zemalja u okruženju. U skladu sa prethodnim analizama, ovaj rad daje doprinos povećanju bezbjednosti sistema, kroz kompleksno razmatranje i identifikovanje bezbjednosnih rizika i potreba za adekvatnom zaštitnim djelovanjem.

FUNKCIJA I MANIPULACIJE ELEKTROIZOCIONIM ULJEM - TEPOTENCIJALNE OPASNOSTI PO ŽIVOTNU SREDINU

U funkciji izolacije i hlađenja energetske opreme (transformatora, čiji je izgled prikazan na slici 1 i prekidača punjenih uljem, prikazanih na slici 2), za distribuciju i proizvodnju električne energije, koriste se elektroizolaciona ulja.



Slika 1. Fotografski prikaz transformatora sa elektroenergetskim priključnim vodovima



Slika 2. Fotografski prikaz uljnih prekidača

U toku proizvodnje i korišćenja uljnih transformatora i prekidača, često se vrše različite manipulacije elektroizolacionim uljima (transformatosko ulje i ulja u prekidačima), što uključuje transport, skladištenje, punjenje, postupanje sa uljima, tokom rada raznih uređaja i rukovanje iskorišćenim uljima, pa postoji određena potencijalna opasnost od zagađenja okoline i/

ili opasnost po ljude, naročito u vanrednim slučajevima kada može doći do povećanog izlivanja ulja, isparavanja i/ili nastanka zapaljivih produkata. Radi sprečavanja odnosno ublažavanja nepoželjnih posledica mogućih navedenih pojava, potrebna je pravovremena kontrola, sprovođenje svih potrebnih mjera zaštite i odgovarajućih sanacija.

Životni ciklus transformatorskog ulja može se podijeliti u više faza: ekstrakcija sirove nafte, proizvodnja transformatorskog ulja, primjena, monitoring kvaliteta, sušenje, filtracija i regeneracija, rerafinacija i upravljanje sa otpadnim uljem (Đurđević, Vojinović-Miloradov, Sokolović, 2008).

Transformatorska i druga elektroizolaciona ulja se tretiraju kao opasne materije, a otpadna ulja su opasan otpad i veliki zagađivač životne sredine.

Nakon generisanja opasnog otpada, najčešće dolazi do njegovog privremenog skladištenja, koje podrazumijeva čuvanje opasnog otpada na njegovom putu ka postrojenjima za tretman i finalno odlaganje. Usljed akumulacije većih količina opasnog otpada na jednom mjestu, ova faza predstavlja veliki izazov u organizacionom smislu radi sprečavanja mogućih akcidenata. Iz tog razloga neophodna je konstantna kontrola, ne samo od strane neposredno odgovornih učesnika, već i od strane nadležnih državnih organa (Panić, 2010).

Funkcionisanje upravljanjem opasnim otpadnim uljima najčešće podrazumijeva, pored ostalog, transport ulja do postrojenja za njegov tretman, čime se značajno uvećava rizik od pojave akcidenata i ugrožavanja stanovništva i životne sredine na širim područjima, duž maršruta koje se koriste.

Negativni uticaj nepropisnog postupanja sa otpadnim uljima je višestruk. Najprijetnija je kontaminacija vodotokova i zemljišta. Kod površinskih vodotokova prisutno je stvaranje površinskog filma koji sprečava prodror kiseonika u vodu, a samim tim i smanjenje životnih uslova velikog broja biljnih i životinjskih vrsta, kao i stvaranje otrovnih materija. Posebnu opasnost predstavlja prisutnost ulja u vodenim tokovima tzv. zaštitne sanitарне zone, koja služi za snabdijevanje naselja i industrije vodom visokog kvaliteta. Mikroflora površinskih slojeva pod uticajem otpadnih ulja postaje mrtva za biljni svijet, za dugi vremenski period.

HIPOTEZA, METODE I PODRUČJE ISTRAŽIVANJA

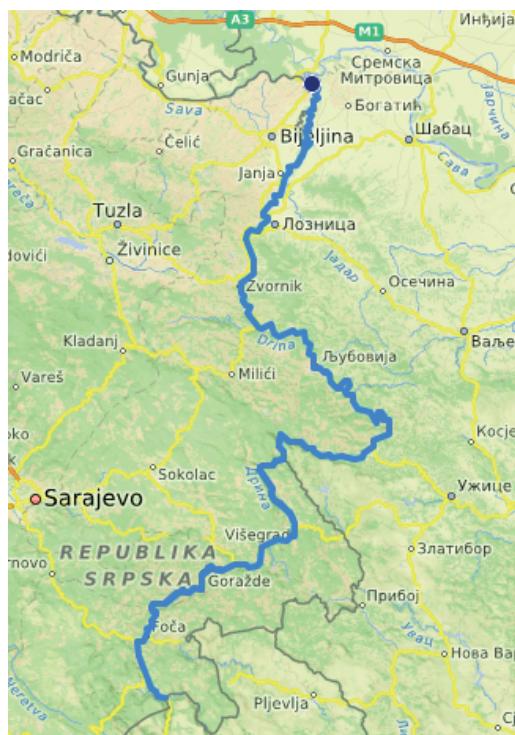
Pregledom i analizom relevantne literature iz istraživane oblasti definisana je početna hipoteza istraživanja, koja glasi:

Količine elektroizolacionog ulja po energetskim objektima Republike Srpske - BiH u mjestima koja gravitiraju toku rijeke Drina su znatno veće od količina ulja lociranih u okolnim mjestima, što ukazuje na postojanje rizika od nastanka incidenata i/ili akcidenata u blizini vodotokova i velikih posljedica potencijalnog zagađenja vodotokova, kontaminacije životne sredine i negativnih djelovanja po zdravlje ljudi, životinjski i biljni svijet.

Pri istraživanju korišćene su sljedeće metode:

- Metode prikupljanja podataka;
- Metode analiza podataka iz relevantnih naučnih radova;
- Metoda MFA (Material Flow Analysis) analize tokova materijala;
- Metode statističke analize, te sinteze podataka.

Područje istraživanja predstavljaju lokacije i količine elektroizolacionog ulja u energetskim objektima gradova i opština sjeveroistočnog i istočnog dijela Republike Srpske (BiH), koji gravitiraju glavnim vodotokovima, prvenstveno rijeke Drine i širem području ušća u rijeku Savu (slika 3).



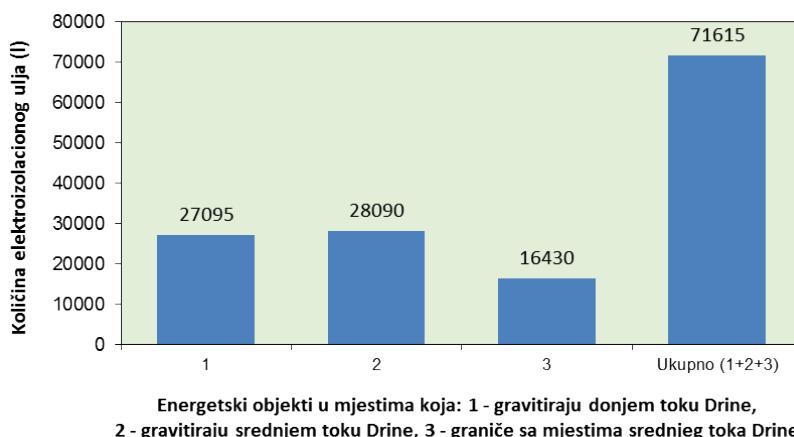
Slika 3. Geografski prikaz područja kroz koja protiče rijeka Drina (Autori prilagodili prema <https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/d/dc/Drina.png>)

REZULTATI ISTRAŽIVANJA, ANALIZA I DISKUSIJA

Količine elektroizolacionog ulja u energetskim objektima gradova i opština sjeveroistočnog i istočnog dijela Republike Srpske (BiH), koji gravitiraju glavnim vodotokovima, prvenstveno rijeke Drine i širem području ušća u rijeku Savu (slika 3), u radu su označene i podijeljne na količine ulja čija je lokacija u mjestima koja:

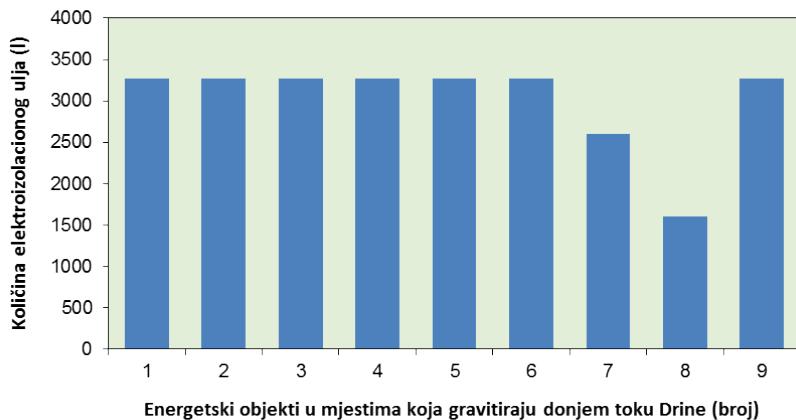
1. gravitiraju donjem toku Drine (Bijeljina),
2. gravitiraju srednjem toku Drine (Zvornik, Bratunac) i
3. graniče u određenom dijelu sa mjestima koja gravitiraju srednjem toku Drine (Milići, Srebrenica, Šekovići, Vlasenica), nadmorske visine veće od 200 m.

Analizom relevantnih podataka (slika 4), u vezi sa količinom elektroizolacionog ulja koja se nalazi u glavnim energetskim objektima gradova i opština sjeveroistočnog i istočnog dijela Republike Srpske (BiH), ukazuju da je na istraživanom području smještena veoma velika količina ulja (71615 l), koja se koristi u funkciji izolacije i hlađenja transformatora i uljnih prekidača, što je u prosjeku 2754 l ulja po svakom energetskom objektu.



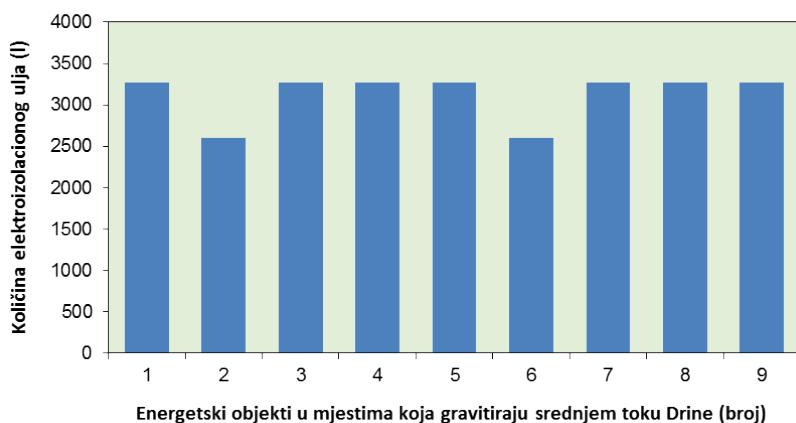
Slika 4. Količine elektroizolacionog ulja koje se nalaze u glavnim energetskim objektima gradova i opština sjeveroistočnog i istočnog dijela Republike Srpske (BiH)

U skladu sa analizom podataka, prezentovanim na slikama 4 i 5, vidi se da je značajan dio (27095 l tj. 37,83%) elektroizolacionog ulja, u sastavu transformatora elektroenergetskih objekata, raspoređen u mjestima koja gravitiraju donjem toku rijeke Drine.



Slika 5. Količine elektroizolacionog ulja koje se nalaze u glavnim energetskim objektima raspoređenim u mjestima koja gravitiraju donjem toku rijeke Drine

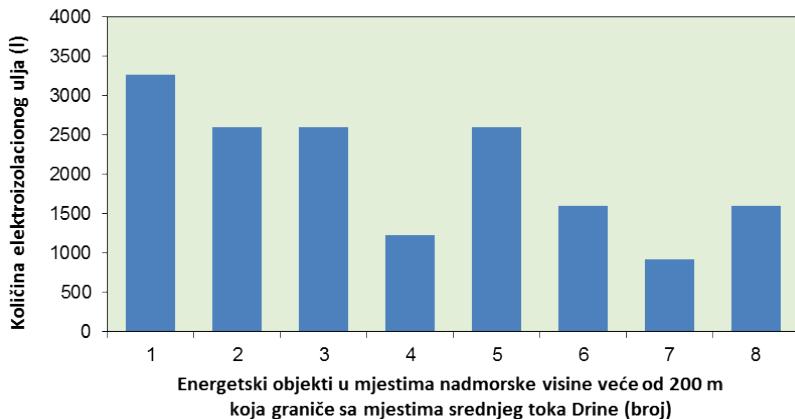
Od ukupne količine elektroizolacionog ulja, najveći dio (28090 l tj. 39,22%) pretežno u sastavu transformatora elektroenergetskih objekata (slika 4), raspoređen je u mjestima koja gravitiraju srednjem toku rijeke Drine, što je prikazano na slici 6 i slično sa podacima na slici 5.



Slika 6. Količine elektroizolacionog ulja koje se nalaze u glavnim energetskim objektima raspoređenim u mjestima koja gravitiraju srednjem toku rijeke Drine

Količine elektroizolacionog ulja energetskih objekata, raspoređenih u mjestima koja gravitiraju donjem i srednjem toku rijeke Drine, zajedno predstavljaju 77,05% od ukupne količine ulja, raspoređene u energetskim objektima istraživanog područja.

Manje od četvrtine (22,95 %) elektroizolacionog ulja u analiziranim energetskim objektima se nalazi u mjestima nadmorske visine veće od 200 m, koja ne gravitiraju toku rijeke Drine, kao što je prikazano na slici 7.



Slika 7. Količine elektroizolacionog ulja koje se nalaze u glavnim energetskim objektima raspoređenim u mjestima koja ne gravitiraju toku rijeke Drine

ZAKLJUČAK

Na osnovu rezultata istraživanja, može se zaključiti da je potvrđena hipoteza istraživanja postavljena u okviru rada.

Kada se rezultatima predmetnog istraživanja doda činjenica da, prema literaturnim podacima, 1 l otpadnog ulja može kontaminirati 1000000 l vode (European Commission, 2022; Kiš, et al., 2007), čime ugrožava život u vodi i drugim medijumima životne sredine, to ukazuje na veliku potencijalanu opasnost od mogućih štetnih posljedica, naročito u slučaju havarija i eventualnog otkaza zaštitnog sistema energetskih objekata, uzrokovanih višom silom (zemljotresi, požari, eksplozije i dr.), ljudskim faktorom i sl., kada može doći do prosipanja ulja na zemljište i/ili izlivanja ulja većih razmjera u površinske i podzemne vode, kao i drugih akcidenta, sa velikim ekološkim posledicama. Pored navedenog, dodatno otežavajuća činjenica je da u pojedinim elektroenergetskim postrojenjima-trafostanicama nedostaju ekološke uljne jame, predviđene odgovarajućim propisima, koje je neophodno hitno uraditi, kao veoma važne mjere zaštite, kako bi bila spriječena mogućnost izlivanja ulja u riječne vodne tokove i druge medijume životne sredine.

Sinteza podataka i činjenica, u skladu sa sprovedenom analizom u radu, ukazuje na zaključak da postoji značajan bezbjednosni rizik od zagađenja jednog od glavnih vodotokova u slučaju vanrednih situacija, kao što je izlivanje ulja i zagađenje vodnih resursa, a time i ugrožavanje ljudske populacije i zajednica koje egzistiraju u životnoj sredini, na slivnom području rijeke Drine, ali i mnogo šire.

SAFETY RISKS OF ELECTRICAL INSULATION OIL ON THE ENVIRONMENT AND THE HUMAN POPULATION

Dragiša Đordić

Slavko Đurić

Milan Milotić

Abstract: The main goal of the research is to analyze the load of the area around the Drina river, with the quantities of electrical insulating oils found in energy facilities, in the narrower and wider vicinity of the river flow, from the aspect of safety risk, which is in the function of identifying risks flows and protect the environment, and thus human health and safety. In accordance with the field data collection, analysis of relevant scientific papers and statistical analysis, and data synthesis, consideration and identification of security risks to environmental media and the need for multidisciplinary protection measures. Research of the situation on the ground, it was determined that in the narrower and wider area of the Drina as the main watercourse of the eastern part of Republika Srpska, in Bosnia and Herzegovina, large quantities of oil (71615 l) are located, which are used as insulation and cooling , which is an average of 2754 l of electrical insulating oil per energy facility. Of the total identified amount of electrical insulating oil, the largest part (28090 l, ie 39.22%) of oil is distributed in energy facilities of cities and municipalities that gravitate to the middle course of the Drina river, similar to the lower course of the same river (27095 l, ie 37.83% oils). The subject scientific research, in accordance with the obtained results, indicates that there is a significant security risk and potential danger of environmental consequences for watercourses and the environment, especially in case of accidents and failures of the protective system of energy facilities caused by force majeure.

Keywords: *environment, water flows, electrical insulating oil, risks, protection*

LITERATURA

1. Bull-Kamanga, L., Diagne, K., Lavell, A., Leon, E., Lerise, F., MacGregor, H., Maskrey, A., Meshack, M., Pelling, M. (2003). *From everyday hazards to disasters: the accumulation of risk in urban areas.* Environment and Urbanization. 15 (1): 193–204.
2. Đurđević, K., Vojinović-Miloradov, M., Sokolović, S. (2008). *Životni ciklus transformatorskih ulja.* Beograd: Hemija industrija. 62 (1): 37-46.
3. European Commission (2022). *Environment-Waste oil.* An official website of the European Union: https://ec.europa.eu/environment/topics/waste-and-recycling/waste-oil_en, vrijeme uvida u tekst 17.01.2022.
4. Giovanna, D., Khlebinskaia, O., Lodolo, A., Miertus, S. (2003). *Compendium of used oil regeneration technologies.* Trieste: United Nations industrial development organization, International centre for science and high technology.
5. Kiš, D., Plaščak, I., Voća, N., Arežina, M. (2007). *Motorno ulje-opasan otpad.* Osijek: Poljoprivredni fakultet.
6. Musulin, B. (1999). *Ekološki aspekti korištenja i odlaganja transformatorskih ulja.* Cavtat: Hrvatski komitet međunarodne konferencije za velike električne sisteme. 4. savjetovanje.
7. Panić, M. (2010). *Upravljanje opasnim otpadom, planiranje, organizacija, funkcionalisanje sistema.* Beograd: Srpska akademija nauka i umetnosti.
8. Petrović Grgić, A., Živković, D. (2010). *Bezbedno odlaganje transformatorskih ulja.* Novi Sad: Visoka tehnička škola strukovnih studija.
9. Sertić, D. (2020). *Katastrofalni događaji i potreba učešća države u proceni rizika, preduzimanju mera i sanaciji šteta.* Banja Luka: Svarog. 21: 155-165.
10. Teslić, S., Janković, J., Bošković, B., Radin, V., Lukić, J., Milosavljević, S. (2010). *Mineralna transformatorska ulja kontaminirana piralenom (PCB)- od identifikacije do rešavanja problema.* Vrnjačka Banja: 7. savetovanje o elektrodistributivnim mrežama Srbije.
11. Todorović, M., Bakrač, S. (2010). *Integracija procesa procene ekološkog rizika u proces evaluacije učinka zaštite životne sredine-metodološki pristup.* Beograd: Univerzitet Singidunum, Ministarstvo odbrane Republike Srbije.
12. Toudja, T., Nacer, A., Moulai, H., Khelfane, I., Debche, A. (2012). Physico-chemical properties of transformer mineral oils submitted to moisture and electrical discharge, *International conference on renewable energies and power quality (ICREPQ'12)*, 1: 945-950, Santiago de Compostela, Spain.
13. Zakon o upravljanju otpadom. Banja Luka: Službeni glasnik Republike Srpske. 111/13, 106/15, 16/18, 70/20, 63/21.
14. Zakon o zaštiti na radu. Banja Luka: Službeni glasnik Republike Srpske. 01/08, 13/10.
15. Zakon o zaštiti od požara. Banja Luka: Službeni glasnik Republike Srpske. 71/12.

16. *Zakon o zaštiti životne sredine*. Banja Luka: Službeni glasnik Republike Srpske. 71/12, 79/15, 70/20.
17. <https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/d/dc/Drina.png>, vrijeme pristupa 03.11.2021.

