

# Classification of mining waste landfills according to legislation in Serbia

Dragana Nišić, Uroš Pantelić, Nikoleta Aleksić, Neda Nišić



Дигитални репозиторијум Рударско-геолошког факултета Универзитета у Београду

**[ДР РГФ]**

Classification of mining waste landfills according to legislation in Serbia | Dragana Nišić, Uroš Pantelić, Nikoleta Aleksić, Neda Nišić | Tehnika | 2021 | |

10.5937/tehnika2105575N

<http://dr.rgf.bg.ac.rs/s/repo/item/0005630>

Дигитални репозиторијум Рударско-геолошког факултета Универзитета у Београду омогућава приступ издањима Факултета и радовима запослених доступним у слободном приступу. - Претрага репозиторијума доступна је на [www.dr.rgf.bg.ac.rs](http://www.dr.rgf.bg.ac.rs)

The Digital repository of The University of Belgrade Faculty of Mining and Geology archives faculty publications available in open access, as well as the employees' publications. - The Repository is available at: [www.dr.rgf.bg.ac.rs](http://www.dr.rgf.bg.ac.rs)

## Klasifikacija deponija rudarskog otpada prema zakonskoj regulativi u Srbiji

DRAGANA D. NIŠIĆ, Univerzitet u Beogradu,  
Rudarsko-geološki fakultet, Beograd  
UROŠ R. PANTELIĆ, Univerzitet u Beogradu,  
Rudarsko-geološki fakultet, Beograd  
NIKOLETA M. ALEKSIĆ, Univerzitet u Beogradu,  
Rudarsko-geološki fakultet, Beograd  
NEDA D. NIŠIĆ, Univerzitet u Beogradu,  
Institut za nuklearne nauke Vinča, Beograd

Pregledni rad  
UDC: 622.7.097(497.11)  
504.5/6:622(497.11)  
DOI: 10.5937/tehnika2105575N

*Klasifikacija deponija rudarskog otpada prema rizičnosti je veoma važan postupak koji može sugerisati koje mere treba preduzeti radi sprečavanja udesa na deponijama. U mnogim zemljama postoji zakonska obaveza klasifikacije deponija, dok je Srbija tu praksu uvrstila u svoju zakonsku regulativu donošenjem Uredbe o uslovima i postupku izdavanja dozvole za upravljanje otpadom, kao i kriterijumima, karakterizaciji, klasifikaciji i izveštavanju o rudarskom otpadu 2017. godine. Kako je primena Uredbe počela 2020. godine, i dalje su česte nedoumice tokom tumačenja kriterijuma koji deponiju mogu svrstati u predloženu kategoriju A. Polazeći od ovakve problematike, u ovom radu su detaljno rastumačeni svi stavovi Uredbe koji se bave uslovima klasifikacije. Ustanovljeno je da se deponija klasifikuje na osnovu mogućnosti potencijalnog udesa i karaktera i sastava otpada koji se na njoj odlaže, dok proces klasifikacije prema posledicama udesa teče kroz tri iteracije, kroz koje se analizira lanac izvor-putanja-recipijent, ugroženo ljudstvo i značajnost posledica. Iako se procena rizika ne nameće kao obaveza kroz Uredbu, u više navrata se kroz proces klasifikacije sugerišu procedure koje direktno ili indirektno pozivaju na rezultate analize rizika i proračuna proboja nasipa. Primenom klasifikacije na konkretnom primeru flotacijskog jalovišta rudnika bakra ustanovljeno je da realna klasifikacija deponija prema rizičnosti zahteva vrlo detaljnu analizu svih kriterijuma koji vode ka krajnjoj kategoriji.*

**Ključne reči:** rudarski otpad, jalovina, uredba, deponija, kategorija A, klasifikacija

### 1. UVOD

Deponije rudarskog otpada, usled svoje inicijalne rizičnosti, podležu strogim pravilima projektovanja i upravljanja. Kako bi se znalo kakve mere treba preduzeti, ne bi li se deponija održavala u stabilnom stanju i sprečio svaki potencijalni udes, potrebno je izvršiti njenu klasifikaciju prema rizičnosti već u fazi projektovanja.

Prema podacima iz 2007. godine svega 8 zemalja u Evropi ima uspostavljenu sopstvenu klasifikaciju deponija rudarskog otpada prema rizičnosti, pri čemu je većina njih bazirana na blago modifikovanim klasifikacijama namenjenim branama za akumulaciju vode

[1, 2]. Trenutno su u širokoj upotrebi sistemi klasifikacije koji su bazirani na kategorijama posledica usled udesa, poput onih koje su 2007. godine izdali Kanadsko udruženje za brane (CDA), 2015. godine Australijski komitet za visoke brane (ANCOLD), kao i klasifikacija koja je propisana Globalnim industrijskim standardom za upravljanje otpadom iz ekstraktivne industrije (GISTM), koja je od 2020. godine u upotrebi širom sveta [3-5].

Sistemi za klasifikaciju prema CDA i GISTM počivaju na istim ili sličnim kategorijama posledica [3, 5]: ljudskim žrtvama, šteti po životnu sredinu, infrastrukturu i ekonomiju, kao i kulturološkoj, sociološkoj šteti i uticaju na ljudsko zdravlje. Obe predlažu ukupno 5 kategorija značajnosti posledica: mala, značajna, velika, veoma velika i ekstremna. Jedina razlika između ove dve klasifikacije je u tome što GISTM sistem pored potencijalnih ljudskih gubitaka razmatra i ukupan broj ljudi koji su u opasnosti u slučaju udesa, tzv. „broj ljudi izloženih riziku“ [5]. Dakle, ova klasifikacija ima

---

Adresa autora: Dragana Nišić, Univerzitet u Beogradu, Rudarsko-geološki fakultet, Beograd, Dušina 7  
e-mail: dragana.nisic@rgf.bg.ac.rs  
Rad primljen: 07.09.2021.  
Rad prihvaćen: 23.09.2021.

jedan kriterijum više od CDA klasifikacije. Sistem klasifikacije prema ANCOLD-u je nešto drugačije koncipiran jer predlaže dvojaku klasifikaciju kategorija posledica, prema broju ljudi izloženih riziku i prema broju ljudskih žrtava, pri čemu je korisniku klasifikacije ostavljen izbor pristupa, uz napomenu da se klasifikovanje prema broju ljudskih žrtava preporučuje iskusnijim licima, sa određenim predznanjem o metodama procene broja ljudskih žrtava [4]. I u jednom i u drugom pristupu se jedan od ova dva parametra razmatraju zajedno sa sveukupnom značajnošću štete i gubitaka usled udesa i dobija se jedna od 6 predloženih kategorija značajnosti posledica [5]: veoma mala, mala, značajna, visoka C, visoka B, visoka A i ekstremna. Dakle, za razliku od CDA i ANCOLD sistema klasifikacije, ovaj sistem predlaže jednu kategoriju posledica više. Na osnovu analize ova tri sistema može se zaključiti da uspešnosti primene klasifikacije doprinosi opsežna analiza svih posledica koje bi nastale usled udesa na deponiji.

## 2. KRITERIJUMI KLASIFIKACIJE

Kako Srbija na putu ka Evropskoj uniji usklađuje svoju zakonsku regulativu sa evropskom, tako je na red došla i regulativa koja se tiče rudarskog otpada. Vlada Republike Srbije je 2017. godine donela Uredbu o uslovima i postupku izdavanja dozvole za upravljanje otpadom, kao i kriterijumima, karakterizaciji, klasifikaciji i izveštavanju o rudarskom otpadu (*Sl. Glasnik RS* br. 63/2017), koja predstavlja zakonski akt koji propisuje uslove odlaganja i upravljanja rudarskim otpadom [6].

Njena primena je počela od 1. januara 2020. godine, dok do kraja 2022. godine mora biti u potpunosti implementirana. Donošenjem ove Uredbe u srpsko zakonodavstvo su prenete glavne odredbe evropske direktive o upravljanju otpadom iz ekstraktivne industrije 2006/21/EC [7], i njom se prvi put držaocu

rudarskog otpada nameće zakonska obaveza da izvrši klasifikaciju deponija.

U Uredbi su predloženi kriterijumi na osnovu kojih se vrši klasifikacija deponija. Uzima se u obzir celokupni eksploatacioni vek deponije, kao i period nakon zatvaranja. Uredba predlaže dve opšte kategorije deponija: deponije koje pripadaju kategoriji A („rizična“ kategorija) i deponije koje ne pripadaju kategoriji A („nerizična“ kategorija). Deponija se klasifikuje kao kategorija A ako [6]:

„... 1. zbog kvara ili neispravnog rada, npr. rušenja jalovišta ili pucanja nasipa/brane, na osnovu procene rizika može doći do tehničko-tehnoloških nesreća-udes, pri čemu se u obzir uzimaju faktori kao što su sadašnja ili buduća veličina, lokacija i uticaj na životnu sredinu; ili

2. ako je otpad klasifikovan kao opasan otpad u skladu sa propisima za upravljanje otpadom iznad određene granične vrednosti;

3. ili ako otpad sadrži supstance ili smeše koje su klasifikovane kao opasne na osnovu propisa za upravljanje otpadom iznad određene granične vrednosti....“.

Kada se vrši klasifikacija deponije, sva tri kriterijuma treba uvažiti, slika 1. Međutim, ukoliko je deponija klasifikovana u kategoriju A prema samo jednom od tri kriterijuma, onda nema potrebe razmatrati preostala dva kriterijuma. Sa druge strane, ukoliko deponija niti prema jednom kriterijumu nije potpala u kategoriju A, onda sveukupna klasifikacija deponiju ne svrstava u kategoriju A. Iako to znači da se klasifikacija deponije završava ako se ispuni samo jedan uslov kategorije A, npr. mogućnost nastanka udesa, preporučljivo je ispitati i ostale uslove, jer se prethodni uslov može obezvređiti ako se ustanovi da usled udesa ne može doći do značajnih posledica po okolinu. Dakle, sud o kategoriji deponije je konačan tek nakon ispitivanja svih uslova klasifikacije.



Slika 1 – Opšta klasifikacija deponija rudarskog otpada prema Uredbi

Cilj klasifikacije je da se preduzmu adekvatne preventivne mere za bezbedno upravljanje deponijom, a nivo preduzetih mera zavisi od kategorije deponije. Ukoliko je deponija klasifikovana u kategoriju A, držalac otpada ima obavezu da uspostavi interni plan zaštite od udesa na nivou preduzeća kojim se prema Pravilniku o načinu izrade i sadržaja Plana zaštite od udesa (*Sl. Glasnik RS*, br. 41/2019) definiše „...organizacija rada i razrađuju zadaci privrednog društva, odnosno drugog pravnog lica u sprovođenju mera za sprečavanje udesa i ograničavanje posledica udesa na život i zdravlje ljudi, ekonomiju, društvenu stabilnost i životnu sredinu, u skladu sa zakonom...“ [8].

Kako je Uredba novijeg datuma, česte su nedoumice prilikom njene primene, posebno u vezi kriterijuma klasifikacije deponija. Cilj ovog rada je da uslove klasifikacije deponije prema Uredbi rastumači i podrobnije objasni, kako bi njena primena bila olakšana u praksi.

### 3. KLASIFIKACIJA DEPONIJA NA OSNOVU POSLEDICA KOJE NASTAJU USLED UDESA NA DEPONIJU

U toku čitavog eksploatacionog veka deponije, kao i perioda nakon njenog zatvaranja potrebno je sagledati mogućnost dešavanja udesa - bilo da se radi o manjim, ekološkim incidentima, poput aerozagađenja usled eolske erozije, ili pak o velikim havarijama, kao što je rušenje nasipa deponije i izlivanje deponovanog materijala u okolinu. Posebno se obraća pažnja na potencijalne opasnosti koje prete od deponija na kojima se odlaze reaktivni otpad, nezavisno od klasifikacije otpada prema sastavu. Primer takve analize je flotacijsko jalovište Veliki Krivelj u Boru, čijom procenom rizika je ustanovljeno da bi usled neispravnosti drenažnog sistema moglo doći do pojave erozije na spoljašnjoj kosini nasipa, a posledično i do rušenja nasipa i izlivanja jalovine u okolinu [9], što ovo jalovište stavlja na 7. mesto liste najznačajnijih udesa na deponijama industrijskog otpada u istoriji prema Portfoliju potencijalnog rizika jalovišta, ukoliko bi do njega došlo [10]. Iako se u Uredbi prioritet daje „mokrim“ deponijama zbog njihovog potencijala plavljenja okoline u slučaju rušenja nasipa, ne zaobilaze se i suve deponije od kojih prete opasnost od pojave klizišta jer „...svaka masa otpada u pokretu opasnost po život ljudi, ako se ljudi nalaze unutar dometa mase otpada u pokretu...“ [6].

Tokom klasifikacije indirektno se kao obaveza držaocu otpada nameće procena rizika od udesa na deponiji. Kroz procenu rizika se može sagledati verovatnoća nastanka udesa, a da bi se ovaj činilac rizika mogao realno oceniti potrebno je predvideti sve manjkavosti u radu deponije koje bi mogle da izazovu ru-

šenje nasipa i izlivanje deponovanog materijala, odnosno, kako se u Uredbi navodi „gubitka celovitosti deponije“. U okviru procene rizika, sagledavaju se i potencijalne posledice, ocenjuje se mogućnost gubitka ljudskih života, opasnost po zdravlje ljudi i po životnu sredinu. Procena materijalne štete nije predmet procene u okviru ove Uredbe, iako je to sastavni deo svake procene rizika. Dakle, iako procena rizika nije izričito nametnuta kao obaveza kroz Uredbu, praktično veći deo podrazumevanog okvira svake procene rizika od udesa na deponiji je obuhvaćen ovom Uredbom.

Ukoliko se ustanovi da do udesa može doći, dalje se analiziraju posledice. Klasifikacija deponije na osnovu posledica teče kroz tri iteracije, slika 2:

- Procena mogućnosti uspostavljanja lanca „izvor-putanja-recipient“;
- Procena ljudi izloženih opasnosti i procena opasnosti po životnu sredinu, i
- Procena značajnosti gubitka ljudskih života i opasnosti po zdravlje ljudi.

Prilikom utvrđivanja opasnosti po ljudske živote, zdravlje ljudi i životnu sredinu u Uredbi se insistira na uspostavljanju lanca „izvor-putanja-recipient“. Lanac „izvor-putanja-recipient“ predstavlja model koji opisuje tok zagađujućih materija koje od izvora, različitim putanjama mogu dospeti do krajnjih recipienta [11]. Deponija se potencijalno može svrstati u kategoriju A samo ako postoji očigledna spona između izvora zagađenja (deponije) i recipienta (ljudi, površinske i podzemne vode, zemljište, vazduh ...). Međutim, ukoliko se ustanovi da zagađujuće materije ne dopiru do ugroženih subjekata, smatra se da se potencijalna opasnost nije ozbiljna i da je deponija apriori van kategorije A. Udesi koji ne rezultuju izlivanjem deponovanog materijala često doprinose tome da se ne može uspostaviti lanac „izvor-putanja-recipient“. Primer takvog udesa je zabeležen 1994. godine u Brazilu na flotacijskom jalovištu rude zlata, kada je usled intenzivnih kiša i lošeg drenažnog sistema jalovišta došlo do klizanja dela nizvodne kosine nasipa, bez narušavanja krune, što je sprečilo da dođe do izlivanja jalovine. Ovaj incident je prošao bez posledica po ljudstvo i životnu sredinu, ali je rudniku doneo velike materijalne gubitke, s obzirom da je proizvodnja obustavljena na 3 nedelje [12].

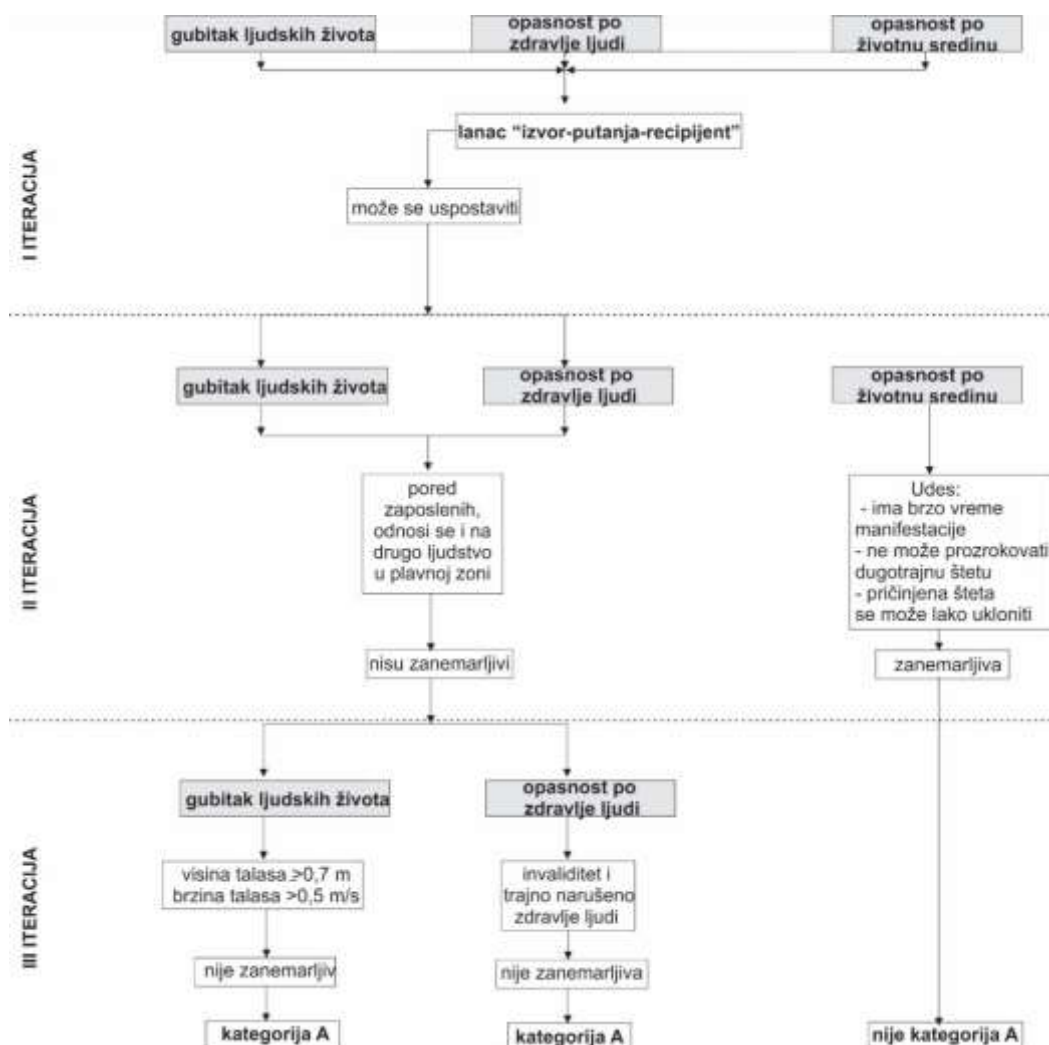
Nakon uspostavljanja lanca „izvor-putanja-recipient“ analizira se ugroženo ljudstvo i opasnost po životnu sredinu. Deponija ne spada u kategoriju A ako se mogućnost gubitka ljudskih života, kao i opasnost po zdravlje ljudi ograničava isključivo na ljudstvo zaposleno na deponiji i ne obuhvata i okolno stanovništvo. U ovom stavu se uočava jedna kontradiktornost. U gotovo svim svetskim klasifikacijama deponija prema rizičnosti, poput onih koje su razvili Internacionalni, Novozelandski i Australijski komitet za viso-

ke brane, gubitak ljudskih života minimalno deponiju svrstava u kategoriju „značajne“ opasnosti/rizika, i niti jedna ugroženo ljudstvo ne deli na ono koje je zaposleno na deponiji i ono koje je nastanjeno u njenoj okolini [4, 13, 14]. Ova kontradiktornost dolazi do izražaja kada se sagledaju i neki realni primeri udesa na deponijama, poput onog koji se dogodio 2015. godine u Brazilu na Fundao deponiji mulja od prerade rude gvožđa. Tada je 19 lica izgubilo život, i gotovo svi su bili zaposleni u rudniku [15, 16].

Pitanje je etike i morala da li manji ili veći broj smrtnih slučajeva prestavlja „manju“ ili „veću“ štetu, ali nesumnjivo je da je ova nesreća jedna od najvećih koja je zadesila Brazil poslednjih godina, te se i bez svrstavanja ove deponije u kategoriju A, može oceniti visokorizičnom.

Potencijalna opasnost po životnu sredinu se prema Uredbi ne smatra ozbiljnom, odnosno, deponija se ne svrstava u kategoriju A, ako [6]:

- „...se intenzitet snage mogućeg izvora zagađenja značajno smanjuje u kratkom razdoblju...“ - udes ima kratko vreme manifestovanja bez velike verovatnoće da izazove značajne posledice;
- „...kvar ne dovodi do bilo kakve trajne ili dugotrajne štete po životnu sredinu...“ - udes je malih razmera i može prouzrokovati manju štetu trenutnog karaktera;
- „...se zahvaćeno okruženje može vratiti u prvobitno stanje kroz manje čišćenje i sanaciju...“ - ovaj stav se nadovezuje na prethodni i podrazumeva da se pričinjena šteta u potpunosti može ukloniti.



Slika 2 – Klasifikacija deponija rudarskog otpada na osnovu posledica potencijalnog udesa

Tumačenje opasnosti po životnu sredinu se može sagledati kroz primer posledica udesa na flotacijskom jalovištu Šaški potok u Majdanpeku 1996. godine, kada je usled rušenja nasipa i izlivanja 100 t jalovine u Šašku i Porečku reku [17], koje su do tog momenta bile

svrstane u I klasu vodotokova. Flora i fauna ovih reka je potpuno uništena i posledice su bile uočljive godinama kasnije. Na osnovu ovih podataka, može se zaključiti da je šteta ovog udesa nesumnjivo dugotrajna i da se ne može lako sanirati, što ovo jalovište svrstava

u kategoriju A. Sa druge strane, kao primer udesa sa kratkotrajnim intenzitetom i kratkotrajnim posledicama se može navesti skorašnje izlivanje jalovine iz flotacijskog jalovišta rudnika Trepča u reku Ibar 2021. godine, do kog je došlo usled intenzivnih padavina i niskih temperatura, što je prouzrokovalo zaleđivanje prelivnog organa. Šteta je brzo sanirana i nije došlo do značajnih posledica po životnu sredinu, u prvom redu kvaliteta reke Ibar [18]. Na osnovu ovih kriterijuma, posledice udesa po životnu sredinu se mogu oceniti kao beznačajne, što ovo jalovište svrstava van kategorije A.

Kada se otpočne sa trećom iteracijom procene posledica, ukoliko je prethodno procenjeno da ugroženo ljudstvo, pored zaposlenih, spada i okolno stanovništvo, prve po redu su potencijalne ljudske žrtve. U vezi sa procenom mogućnosti gubitka ljudskih života su procene karakteristika poplavnog talasa. Dakle, još jedna obaveza se indirektno nameće kroz ovu Uredbu, a to je izrada tehničke dokumentacije o hidrauličkim posledicama iznenadnog rušenja, oštećenja ili prelivanja preko nasipa. U okviru ovog dokumenta radi se proračun rasprostiranja poplavnog talasa nastalog rušenjem nasipa i kao izlazni podaci dobijaju se tačna ruta talasa, količine isteklog materijala, visina talasa, maksimalni nivo i proticaj, odnosno, sve ono što je potrebno za klasifikaciju deponije na osnovu mogućnosti gubitka ljudskog života [19, 20]. Prema Uredbi podrazumeva se da su ljudski životi ugroženi ako je visina talasa najmanje 0,7 m, ili kada je brzina talasa preko 0,5 m/s. Opasnost po zdravlje ljudi se smatra značajnom ako udes može prouzrokovati invaliditet ljudi ili dugotrajno narušeno zdravlje. Ako je prethodno procenjeno da bi moglo doći do gubitaka ljudskih života, kao logičan zaključak se nameće da bi nužno došlo i do ozbiljnih povreda ljudi. Ako je samo jedna od tri razmatrane grupe posledica (ljudske žrtve, opasnost po zdravlje i opasnost po životnu sredinu) ocenjena kao značajna, ispunjeni su uslovi da se deponija klasifikuje kao kategorija A.

#### 4. KLASIFIKACIJA DEPONIJA NA OSNOVU KARAKTERA OTPADA KOJI SE ODLAŽE U NJOJ

Deponija se klasifikuje u kategoriju A ako je rudarski otpad „... klasifikovan kao opasan ili sadrži supstance ili smeše koje su klasifikovane kao opasne u skladu sa propisima za upravljanje otpadom iznad granične vrednosti...“ [6]. U skladu sa ovim stavom treba prvo razmotriti indeksni broj otpada prema Katalogu otpada [21]. Ako se za primer uzmu otpadi koji nastaju u istraživanjima, iskopavanjima iz rudnika ili kamenoloma i pri fizičkom i hemijskom tretmanu minerala, samo jalovine iz prerade sulfidne rude koje stvaraju kiselinu su apriori opasni otpad sa indeksnim

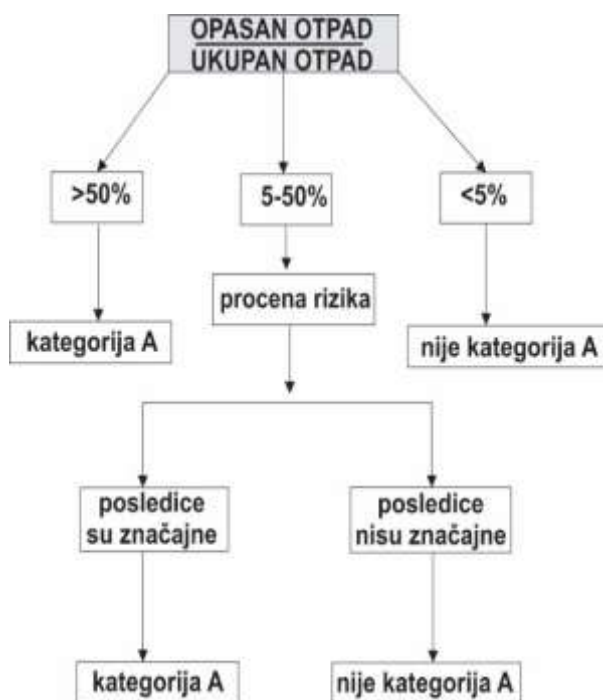
brojem 01 03 04\* jer se tumače kao opasni otpad bez obzira na granične vrednosti opasnih materija. Njihova „opasnost“ potiče od potencijala stvaranja kiselih drenažnih voda. Takav otpad je na primer piritna jalovina i ako se prilikom ispitivanja njenog kiselinskog potencijala ustanovi da je koeficijent kiselinskog potencijala (NPR) <1, ona je nesumnjivo opasan otpad. Samo ako je NPR >3, smatra se da nema potencijala stvaranja kiselina. Ako je pak, taj koeficijent od 1-3, potrebna su dodatna ispitivanja [22].

Otpadi poput „drugih jalovina koje sadrže opasne supstance“ (01 03 05\*), „ostalih otpada iz fizičkog i hemijskog tretmana minerala za crnu metalurgiju koji sadrže opasne supstance“ i „otpada iz fizičke i hemijske obrade minerala za obojenu metalurgiju koji sadrže opasne supstance“ (01 04 07\*) se karakterizuju kao opasni otpadi samo ako sadrže opasne materije iznad graničnih vrednosti predloženih H listom Pravilnika o kategorijama, ispitivanju i klasifikaciji otpada (*Sl. glasnik RS*, br. 56/2010, 93/2019 i 39/2021) [23]. Tek pošto se prethodno utvrdi da je otpad opasan prema Katalogu otpada, pristupa se proračunu granične vrednosti koje se porede sa vrednostima predloženim u Uredbi. U suprotnom, proračun granične vrednosti nije potreban.

Granična vrednost se određuje kao odnos masa za suhu materiju za sav rudarski otpad koji je već kategorisan kao opasan, i rudarski otpad za koji postoji verovatnoća da će biti u deponiji na kraju eksploatacionog veka. Preciznije rečeno, porede se mase opasnog i ukupnog otpada, uz analizu trajnog zadržavanja opasnog otpada u deponiji. Dakle, ne razmatra se bilo kakva mogućnost razgradnje ili reakcije opasnog otpada sa ostalim otpadom. Prema Uredbi izvesno je deponija u kategoriji A, ako je taj odnos masa preko 50 %. Uslovno je deponija u kategoriji A, ako je odnos masa od 5-50%. Deponija sa ovim odnosom je apriori svrstana u kategoriju A, međutim, može biti izuzeta ako je tokom procene rizika, tokom koje se posebno pozabavilo efektima opasnog otpada na okolinu, dokazano da deponija ipak ne pripada kategoriji A. I konačno, deponija ne pripada kategoriji A ako je odnos masa manji od 5%, slika 3.

Dakle, ponovo se u pomenutim stavovima pominje procena rizika i njen uticaj na proces klasifikacije. Na primer, ako je ukupna masa suve materije opasnog otpada 2.000.000 m<sup>3</sup>, a masa suve materije ukupnog otpada 15.000.000 m<sup>3</sup>, njihov odnos je 20%, što deponiju svrstava u kategoriju A. Procenom rizika eksploatacije deponije je potom ustanovljeno da bi došlo izlivanja deponovanog materijala prilikom udesa i da bi talas bio visine > 0,7 m i brzine > 0,5 m/s, uz izvestan broj ljudskih žrtava i veliku štetu po životnu sredinu, što nesumnjivo razmatranu deponiju zadržava u kategoriji A.





Slika 3 – Klasifikacija deponija rudarskog otpada prema karakteru otpada

Pored nabrojanih kriterijuma klasifikacije deponija na osnovu karaktera otpada, Uredba se dodatno bavi i karakteristikama vodene faze kod mokrih deponija. Deponija se klasifikuje u kategoriju A ako se ustanovi da je vodena faza u deponiji opasna na osnovu maksimalne godišnje koncentracije neke opasne supstance. Maksimalna godišnja koncentracija se utvrđuje pošto se prethodno napravi popis reagenasa koji se koriste za pripremu rude, utvrdi da li se radi o opasnim supstancama ili smešama, utvrde njihove godišnje količine, kao i godišnje povećanje vode u taložnom jezeru. U praksi ovo znači da bi ustanovljene koncentracije opasnih materija u vodenoj fazi deponije trebalo uporediti sa graničnim vrednostima emisije (GVE) na osnovu Uredbe o graničnim vrednostima emisije zagađujućih materija u vode i rokovima za njihovo dostizanje (*Sl. glasnik RS*, br. 67/2011, 48/2012 i 1/2016) [24], i ukoliko se ustanovi prekoračenje GVE, deponija se svrstava u kategoriju A. Ista je sudbina i procednih voda deponija otpada koji nastaje nakon luženja.

##### 5. STUDIJA SLUČAJA – KLASIFIKACIJA FLOTACIJSKOG JALoviŠTA RUDE BAKRA

U ovom poglavlju prikazaće se primena klasifikacije na konkretnom primeru jednog flotacijskog jalovišta rudnika bakra. Ovo jalovište ima ukupnu projektovanu zapreminu oko 10 Mm<sup>3</sup> i visinu nasipa od 60 m. Jalovište će biti hidroizolovano sa HDPE geomembranom, a sa svih strana jalovišta projektovan je zaštitni betonski kanal kako bi se nasip zaštitio od priliva velikih količina voda. Kao dodatna zaštita od kata-

strofalnih padavina predviđen je i prelivni organ na nasipu. Sama lokacija jalovišta je na obali reke, u naseljenom području, sa više kuća u neposrednoj blizini. Sve ove činjenice ukazuju na inicijalno nizak rizik od rušenja nasipa, ukoliko se jalovištem bude odgovorno rukovodilo.

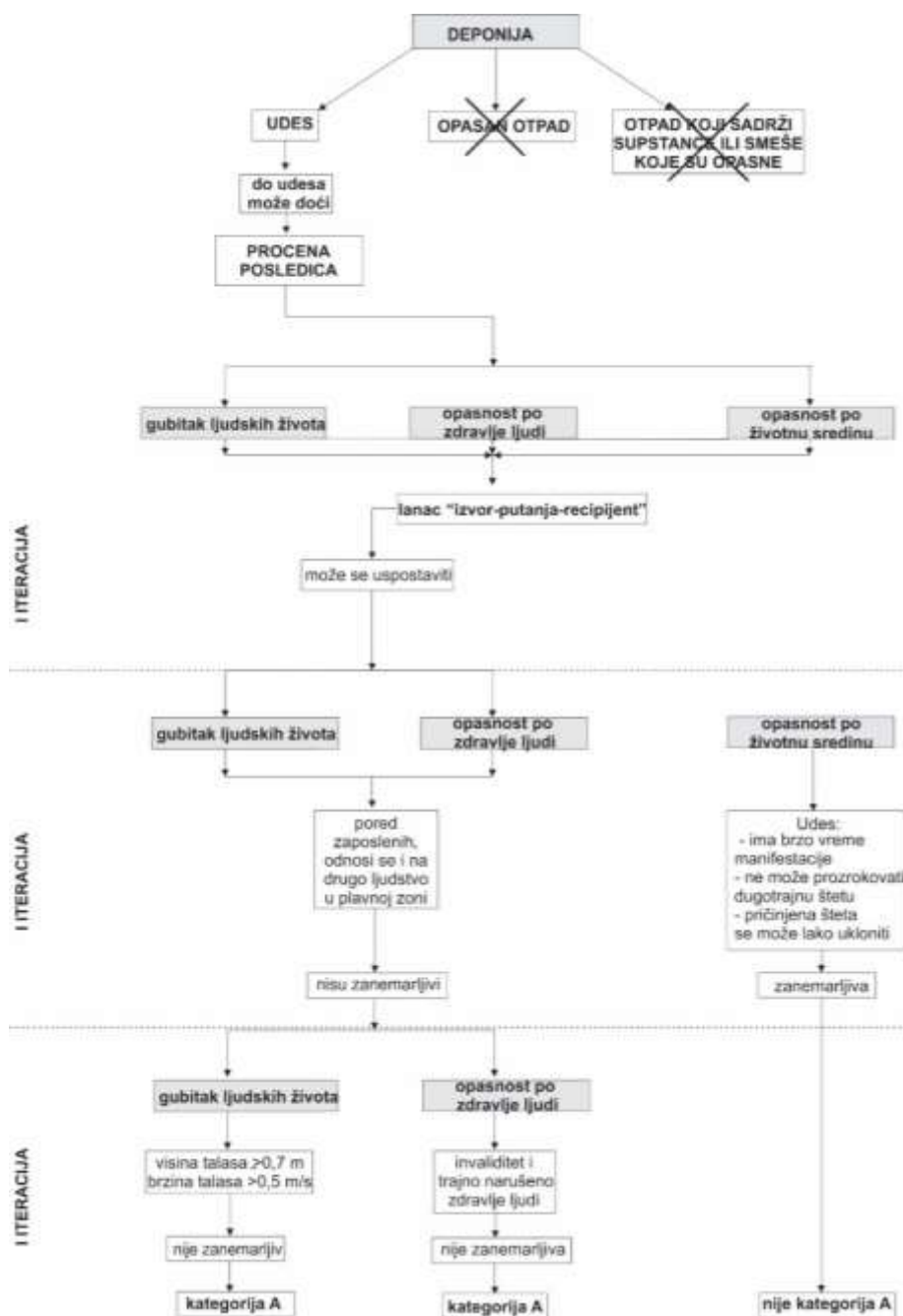
Za potrebe klasifikacije ovog jalovišta izvršena je procena rizika i proračun proboja nasipa. Ustanovljeno je da je verovatnoća udesa usled nestabilnosti kosina nasipa mala, da bi usled proboja nasipa isteklo maksimalno 200.000 m<sup>3</sup>, vreme proboja bilo 30 min, a visina talasa bila 20 m. Procenjena brzina poplavnog talasa je maksimalno 5 m/s talas bi nizvodno prešao oko 15 km, prateći tok reke. Ustanovljeno je da bi moglo doći do 2 ljudske žrtve i neminovno bi došlo i do lakših i težih povreda ugroženih lica.

Ekološke posledice su analizirane kroz uticaj na kvalitet vodotokova, zemljišta i vazduha. S obzirom na višedecenijsko rudarenje u području u kom se jalovište nalazi, ocenjeno je da kvalitet reka i zemljišta ne bi bio dodatno narušen, a da bi aerozagadenje bilo trenutnog karaktera sa kratkim efektom. Sveukupne ekološke posledice su ocenjene kao „značajne, ali se lako mogu sanirati“ a rizik eksploatacije jalovišta kao umeren. Karakterizacijom flotacijske jalovine ustanovljeno je da ona ne spada u opasan otpad, niti ima supstance koje se mogu okarakterisati kao opasne u vrednostima iznad referentnih.

S obzirom da je procenjeno da do udesa može doći, ovo jalovište podleže potencijalnoj klasifikaciji u kategoriju A. Na osnovu posledica udesa može se zaključiti da se i te kako može uspostaviti lanac „izvorputanja-recipient“, čime je prva iteracija klasifikacije završena, slika 4.

U drugoj iteraciji, shodno ruti talasa koja izlazi iz zone rudnika i obuhvata i stambene kuće nizvodno, procenjuje se da u ugroženo ljudstvo, osim zaposlenih, spadaju i lokalni stanovnici, te opasnost po ljudske živote i zdravlje ljudi nije zanemarljiva. Prema posledicama po životnu sredinu, opasnost se prema konstataciji da se šteta lako može sanirati, ocenjuje kao zanemarljiva i prema ovim posledicama, klasifikacija se završava i ne prati treću iteraciju

U trećoj iteraciji, koja daje konačnu kategoriju deponije, može se ustanoviti na osnovu prethodne procene rizika i proračuna proboja nasipa da je visina talasa  $\geq 0,7$  m, brzina talasa  $> 0,5$  m/s i da bi udes mogao prouzrokovati invaliditet i trajno narušeno zdravlje ljudi, kao i ljudske žrtve u najgorem slučaju. Na osnovu ova dva ishoda klasifikacije, flotacijsko jalovište se može svrstati u kategoriju A. Ovako detaljnom analizom rizičnosti deponije dokazano je da uspešnost klasifikacije zavisi od kvaliteta ulaznih podataka i opsežnosti prethodne analize posledica.



Slika 4 – Klasifikacija flotacijskog jalovišta rudnika bakra

## 6. ZAKLJUČAK

Kako deponije rudarskog otpada predstavljaju veliko opterećenje po životnu sredinu i imaju veliki potencijal udesa, tako postoji potreba da se na vreme izvrši njihova klasifikacija prema rizičnosti, uz pomoć koje će se lakše uspostaviti plan hitnog postupanja u slučaju udesa i politika bezbednog rukovođenja. U srpskom zakonodavstvu je od 2020. godine na snazi Uredba o uslovima i postupku izdavanja dozvole za upravljanje otpadom, kao i kriterijumima, karakterizaciji, klasifikaciji i izveštavanju o rudarskom otpadu kojom se nameće zakonska obaveza klasifikacije deponije.

Iako je Uredba naizgled laka za tumačenje, s obzirom da predlaže samo jedna „rizična“ kategorija – kategorija A, njom se nameće veliki broj kriterijuma na osnovu kojih se jedna deponija klasifikuje. Uredba predlaže tri kriterijuma klasifikacije, prema mogućnosti nastanka udesa, karakteru i sastavu otpada, dok procenu značajnosti posledica usled udesa sugerise kroz tri iteracije. Kroz Uredbu se indirektno nameće obaveza procene rizika i proračuna proboja nasipa čiji izlazni podaci daju dobru osnovu za klasifikaciju.

Kako bi se ilustrovao proces klasifikacije, na realnom primeru flotacijskog jalovišta rude bakra prime-



njena je klasifikacija prema rizičnosti i prikazana je analiza svakog kriterijuma kategorije A. Prethodno je izvršena je procena rizika i proračun proboja nasipa koji su dali ulazne podatke za klasifikaciju. Na ovom jalovištu nije predviđeno odlaganje opasnog otpada, niti otpada koji sadrži opasne supstance iznad referentnih vrednosti, te je procena rizika ukazala na potencijal udesa i značajnost posledica na osnovu kojih se tok klasifikacije usmerio ka analizi ugroženog ljudstva, opasnosti po zdravlje ljudi i životne sredine. Ustanovljeno je da se lanac „izvor-putanja-recipient“ može uspostaviti, a s obzirom da bi u slučaju proboja nasipa došlo do formiranja talasa visine  $\geq 0,7$  m, i brzine  $> 0,5$  m/s, kao i da bi došlo do maksimalno 2 žrtve i teških povreda ljudi, jalovište je svrstano u kategoriju A. Iako je klasifikacija mogla da se završi već pri prvom ispunjenom kriterijumu kategorije A, sveobuhvatna analiza je izvršena da ne bi došlo do pogrešnog tumačenja odredaba Uredbe.

Iako je Srbija na dobrom putu da u potpunosti pravno uredi oblast upravljanja rudarskim otpadom i u potpunosti je uskladi sa propisima Evropske unije, potrebno je u budućnosti podrobnije definisati kriterijume klasifikacije deponija prema rizičnosti, kategorije deponija proširiti, a proces procene rizika implementirati u obaveznu projektnu dokumentaciju prema zakonskoj regulativi, kako se ne bi dešavala loša sprovođenja odredbi akata i kako bi se pospešila praksa bezbednog upravljanja otpadom.

#### LITERATURA

- [1] Classification of mining waste facilities, Final Report, 2007, European Commission, DG Environment, [https://ec.europa.eu/environment/pdf/waste/mining/mwfs\\_report\\_dec\\_07.pdf](https://ec.europa.eu/environment/pdf/waste/mining/mwfs_report_dec_07.pdf)
- [2] Nisic, Dragana, and Dinko Knezevic: Risk-based classification of industrial waste storage facilities, *Inženieria Mineralna* 20, 2018
- [3] CDA: Canadian Dam Association Consequence Classification Ratings for Dams, 2016, Dostupno na: <https://open.alberta.ca/dataset/e598d71f-9baa-4f33-98d1-2417f9bf7d93/resource/08db72bd-6fef-48d4-8c62-72c33c44d9a3/download/cdaclassification-ratingsdams-apr2016.pdf> [pristupljeno 19.09.2021.]
- [4] ANCOLD: Guidelines on undertaking consequences category assessment for dams, 2015, Dostupno na: <https://dpiwwe.tas.gov.au/Documents/Guidelines%20on%20Undertaking%20Consequence%20Category%20Assessments%20for%20Dams.pdf> pristupljeno 19.09.2021.
- [5] GISTM: Global Industry Standard on Tailings Management, Consequence Classification Tables (Annex 2), 2020, Dostupno na: [https://globaltailingsreview.org/wp-content/uploads/2020/08/globalindustry-standard\\_EN.pdf](https://globaltailingsreview.org/wp-content/uploads/2020/08/globalindustry-standard_EN.pdf) pristupljeno 19.09.2021.
- [6] Uredba o uslovima i postupku izdavanja dozvole za upravljanje otpadom, kao i kriterijumima, karakterizaciji, klasifikaciji i izveštavanju o rudarskom otpadu, *Službeni glasnik RS*, br. 53/17
- [7] Landfill waste directive 2006/21/EC, online: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=CELEX%3A32006L0021>
- [8] Pravilnik o načinu izrade i sadržaja Plana zaštite od udesa, *Službeni glasnik RS*, br. 41/2019
- [9] D. Nišić, D. Knežević, and N. Lilić: Assessment of risks associated with the operation of the tailings storage facility Veliki Krivelj, Bor (Serbia), *Archives of Mining Sciences*, vol. 63, no. 1, 2018
- [10] L. N. Bowker: Potential risk index for any tailings portfolio or facility - A tool for identifying and classifying potentially at risk TSF's, 2021, dostupno na: [https://www.researchgate.net/publication/350621137\\_POTENTIAL\\_RISK\\_INDEX\\_FOR\\_ANY\\_TAILINGS\\_PORTFOLIO\\_OR\\_FACILITY\\_A\\_Tool\\_for\\_Identifying\\_and\\_Classifying\\_Potentially\\_at\\_Risk\\_TSFs](https://www.researchgate.net/publication/350621137_POTENTIAL_RISK_INDEX_FOR_ANY_TAILINGS_PORTFOLIO_OR_FACILITY_A_Tool_for_Identifying_and_Classifying_Potentially_at_Risk_TSFs), [pristupljeno 19.09.2021.]
- [11] Holdgate, M. W.: *A perspective of environmental pollution*, Cambridge University Press Cambridge, UK, 1979
- [12] ICOLD: Tailings dams, risk of dangerous occurrences – Lessons learnt from practical experiences, *Bulletin 121*, International Committee of Large Dams, 2001
- [13] International Committee on Large Dams (ICOLD). Small dams design, surveillance, and rehabilitation – Bulletin No 143, ICOLD, Paris, 2011, dostupno na: <https://fdocuments.in/document/icold-small-dams-sept-2011.html>, pristupljeno 2021-05-28.
- [14] NZSOLD: New Zealand Dam Safety Guidelines – Objectives and Principles. Institution of Professional Engineers New Zealand (IPENZ), 2015, dostupno na: [https://nzsold.org.nz/wpcontent/uploads/2019-/10/nzsold\\_dam\\_safety\\_guidelines-may-2015-1.pdf](https://nzsold.org.nz/wpcontent/uploads/2019-/10/nzsold_dam_safety_guidelines-may-2015-1.pdf), pristupljeno 19.09.2021.
- [15] Guerra, M. B. B, Teaney, B. T, Mount, B. J, Asunskis, D. J, Jordan, B. T., Barker, R. J, Santos, E. E. and Schaefer, C.E.G, Post-catastrophe analysis of the Fundão Tailings dam failure in the Doce River system, Southeast Brazil: potentially toxic elements in affected soils. *Water, Air, & Soil Pollution*, vol. 228, no. 7, pp.1-12., 2017.
- [16] Sánchez, Luis Enrique, K. Alger, L. Alonso, F. Barbosa, M. C. W. Brito, F. V. Laureano, P. May, H. Roeser, and Y. Kakabadse: Impacts of the Fundão

- Dam failure. *A Pathway to Sustainable and Resilient Mitigation*. Rio Doce Panel Thematic Report 1, 2018
- [17]Stevanović S, Kapor R, Analiza posledica i uzroka rušenja dela brane jalovišta Šaški potok, *I Kongres jugoslovenskog društva za visoke brane*, Budva, str. 355-361, Budva, 1997.
- [18]Kosovo-online: Dimkić: Izlivanje iz jalovišta kod Leposavića nije prouzrokovalo ekološku katastrofu [online]. Dostupno na: <https://www.kosovoonline.com/vesti/drustvo/dimkic-izlivanjeizjalovista-kodleposavicanijeprouzrokovaloekoloskukatastrofu> [pristupljeno 19.09.2021.]
- [19]D. Komatina, M. Jovanovic: Experimental Study of Steady and Unsteady Free-Surface Flows with Water-Clay Mixtures, *Journal of Hydraulic Research*, vol. 35, no. 5, pp. 579- 590, 1997.
- [20]M. Jovanović: *Uputstvo za izradu tehničke dokumentacije o hidrauličkim posledicama rušenja ili oštećenja brana na deponijama jalovine*, Društvo za visoke brane Srbije, Beograd, 2005.
- [21]Redžić N, Đorđević Lj, Đukić I, Misajlovski N, Mihailović L, Katalog otpada, *Uputstvo za određivanje indeksnog broja*, Agencija za zaštitu životne sredine, Beograd, 2010
- [22]Wahlström M, Laine-Ylijoki J, and Kaartinen T, *Acid neutralization capacity of waste-specification of requirement stated in landfill regulations*. Nordic Council of Ministers, 2009.
- [23]Uredba o graničnim vrednostima emisije zagađujućih materija u vode i rokovima za njihovo dostizanje *Sl. glasnik RS*, br. 67/2011, 48/2012 i 1/2016

## SUMMARY

### CLASSIFICATION OF MINING WASTE LANDFILLS ACCORDING TO LEGISLATION IN SERBIA

*Risk-based classification of mining waste landfills is a very important procedure that can suggest what measures should be taken to prevent failures at landfills. In many countries there is a legal obligation to classify landfills, while Serbia has included this practice in its legislation by adopting the Bylaw on the conditions and procedure for issuing waste management permits, as well as criteria, characterization, classification and reporting on mining waste in 2017. As the implementation of the Bylaw began in 2020, there are still frequent doubts during the interpretation of the criteria that can classify the landfill in the proposed category A. Starting from this issue, this paper explains in detail all the provisions of the Bylaw dealing with the terms of classification. It is determined that the landfill is classified based on the possibility of a potential failure and the character and composition of the waste disposed on it, while the process of classification according to the consequences of the failure runs through three iterations, through which endangered humanity, source-path-recipient chain and significance of consequences are analyzed. Although risk assessment is not imposed as an obligation through the Bylaw, procedures that directly or indirectly refer to the results of risk analysis and embankment breach calculation are suggested on several occasions through the classification process. By applying the classification on a specific example of flotation tailings management facility of copper mine, it was found that the realistic risk-based classification of landfills requires a very detailed analysis of all criteria leading to the final category.*

**Key words:** mine waste, tailings, Bylaw, landfill, category A, classification