



Grupno vrednovanje deponija u Južnobačkom okrugu

Sanja Antić^{a*}, Milica Stajić^a

^aUniverzitet u Novom Sadu, Poljoprivredni fakultet, Departman za uređenje voda, Novi Sad, Srbija

*Autor za kontakt: sanja.antic@polj.uns.ac.rs

SAŽETAK

Zemlje u razvoju, među kojima je i Srbija, suočene su sa problemima degradacije životne sredine zbog odlaganja otpada na neuređenim deponijama. Zbog nekontrolisanog rasprostiranja zagađujućih materija brojne su opasnosti po životnu sredinu i traže se rešenja za sanaciju ili u nekim slučajevima za zatvaranje deponija. I za jedno i za drugo potrebna su značajna finansijska sredstva tako da ima smisla utvrditi, odnosno postaviti prioritete. U radu je prikazan mogući prilaz ovom problemu na primeru deponija i u tu svrhu je predložena metodologija vrednovanja deponija korišćenjem višekriterijumskog metoda optimizacije - analitičkog hijerarhijskog procesa (AHP). AHP je podjednako pogodan za podršku individualnih i grupnih procesa odlučivanja. Rangirano je šest deponija, a vrednovanja su uradili autori rada na osnovu uvida u dokumentacioni materijal.

KLJUČNE REČI: Deponije otpada, analitički hijerarhijski proces (AHP), grupno odlučivanje, Južnobački okrug

Uvod

Gradovi širom Srbije se suočavaju sa neadekvatnim deponijama za odlaganje otpada, što u direktnoj meri utiče na zagađenje zemljišta. Pod zagađenjem zemljišta podrazumeva se unošenje zagađujućih materija u/ili na zemljište antropogenim delovanjem, što uglavnom ima štetne posledice na kvalitet životne sredine. Prema regulativi EU (COM(2006)231 final) o kontaminaciji zemljišta se govori kada se u zemljištu identifikuje prisustvo zagađujućih materija iznad maksimalno dozvoljenih koncentracija (MDK). Upravljanje otpadom na odgovarajući način sprečava negativan uticaj na životnu sredinu (Di Felicie, 2014; Ghiani i sar., 2012). Savremene deponije podrazumevaju posedovanje elemenata sanitarne zaštite, odnosno mogućnost deponije da spreči zagađenje zemljišta, podzemnih i površinskih voda, kao i emisiju zagađujućih materija u atmosferu (Van Camp i sar., 2004). U suprotnom dolazi do nekontrolisanog rasprostiranja zagađujućih materija, a njihovom emisijom do zagađenja vazduha. Nedostatak zaštitne podloge i sistema za sakupljanje procednih deponijskih voda dovodi do zagađenja zemljišta i podzemnih voda (Ismail i sar., 2004).

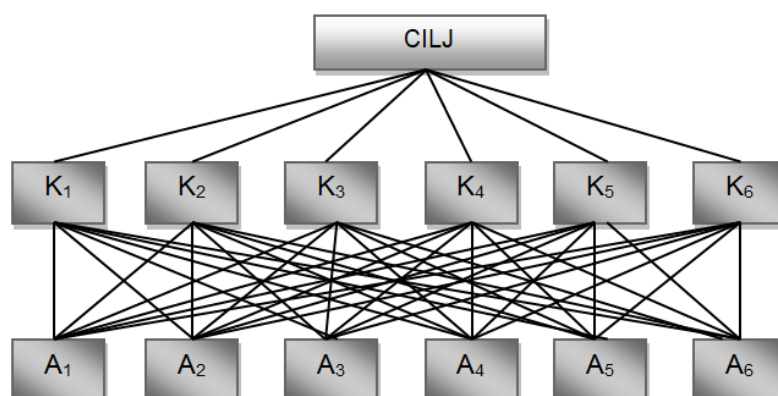
Zemlje u razvoju se suočavaju sa velikim problemima degradacije životne sredine. U Srbiji postoji 3.500 smetlišta, preko 150 nesanitarnih deponija i samo 8 sanitarnih regionalnih deponija (SEPA, 2018; Stanisavljević i sar., 2012).

U Srbiji se reciklira između 5-8% komunalnog otpada (Economic and Trade Office, 2017). Srbija se obavezala da uskladi svoje nacionalno zakonodavstvo sa direktivama EU (Van Camp et al., 2004). Da bi se ostvarili definisani ciljevi deponije zahtevaju zatvaranje i sanaciju, za šta zemlje u razvoju poput Srbije imaju nedostatak finansijskih sredstava (Marčeta i sar., 2021). U tom smislu, u radu će biti predstavljen model za određivanje deponija koje u najvećoj meri zagađuju životnu sredinu. Biće analizirane deponije Južnobačkog okruga i to sledećih opština: Bač, Bačka Palanka, Beočin, Vrbas, Novi Sad i Bečej.

Donošenje odluka u vezi životne sredine je kompleksan posao zbog brojnih kriterijuma koje treba razmotriti (Marčeta i sar., 2021). U radu će biti predstavljeno grupno donošenje odluka pomoću analitičkog hijerarhijskog procesa (AHP) (Saaty, 1980). Vrednovanje kriterijuma i alternativa izvršili su donosioci odluka - studenti doktorskih akademskih studija Poljoprivrednog fakulteta u Novom Sadu. Odluka se sastoji od tri hijerarhijska nivoa: ocenjivaće se šest postojećih deponija koje se nalaze u Južnobačkom okrugu i šest kriterijuma (karakteristike deponije) u odnosu na cilj - procena rizika od zagađenja životne sredine.

Materijal i metod rada

Za određivanje deponija koje u najvećoj mjeri zagađuju životnu sredinu, na osnovu šest kriterijuma (Tabela 1) vrednovano je šest alternativa (Tabela 2). Problem strukturiranja definisan je kao standardna hijerarhija u tri nivoa (Slika 1).

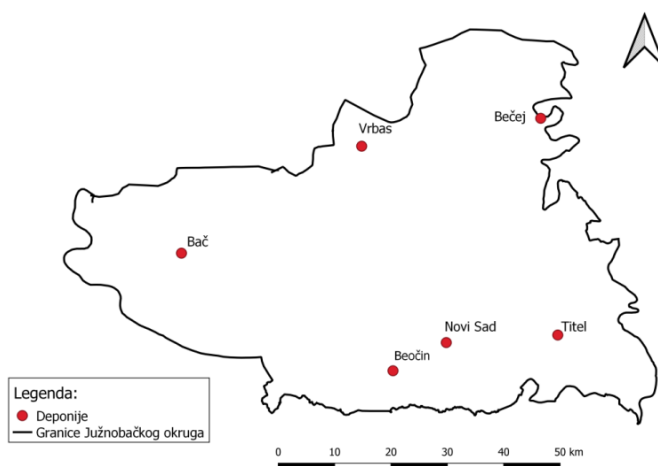


Slika 1. Hijerarhija problema odlučivanja
Figure 1. Decision-making hierarchy

Kriterijumi i alternative (deponije)

Faktori koji utiču na životnu sredinu, zbog odlaganja otpada na nesanitarnim deponijama (Stanisavljević i sar., 2012) su brojni. Na osnovu uvida u relevantne dokumente odabrano je šest kriterijuma (Tabela 1) po kojima ima smisla rangirati deponije, prema mogućim negativnim uticajima na životnu sredinu: K1 - količina odloženog otpada; K2 - starost deponije; K3 - vrste otpada; K4 - vrste obloge/prekrivača (obloga sprečava propuštanje procednih voda, a prekrivač sprečava dalje raznošenje otpada i od velike je važnosti za razgradnju otpada) (Scheutz i sar., 2009); K5 -infrastruktura deponije; K6 - buffer zone (pojasevi vegetacije koji smanjuju zagađenje zemljišta, površinskih i podzemnih voda i u suštini predstavlja prijemnik zagađujućih materija). Treba napomenuti da postoje i brojni drugi kriterijumi vrednovanja deponija, a navedenih šest omogućilo je smanjenje dimenzije problema na razumnu meru i stavljanje težišta na metodologiju u pristupu grupnom vrednovanju. Rezultati u radu su zbog toga ilustrativni.

Alternative (Tabela 2) predstavljaju glavne deponije opština u Južnobačkom okrugu. Prema podacima Agencije za zaštitu životne sredine, analizirane deponije (Slika 2) nisu sanitarne, osim deponije u Vrbasu koja ima mogućnost odvođenja procednih voda i gde se otpadni materijal povremeno prekriva. Deponija u Novom Sadu razvrstava delove otpada i materijal se delimično reciklira. Ostale deponije su "divlje".



Slika 2. Lokacija istraženog područja - Južnobački okrug
Figure 2. Location of investigated area - South Bačka District

Tabela 1

Kriterijumi

Table 1

Criteria

C1	količina otpada/veličina deponije
C2	starost deponije
C3	vrsta otpada
C4	obloga/prekrivač deponije
C5	infrastruktura deponije
C6	buffer zone

Tabela 2

Alternative

Table 2

Alternatives

A1	deponija Bač
A2	deponija Beočin
A3	deponija Bečej
A4	deponija Vrbas
A5	deponija Novi Sad
A6	deponija Titel (Šajkaš)

Analitički hijerarhijski proces (AHP)

AHP (Saaty, 1980) je metod višekriterijumske analize koji se primenjuje u individualnom i grupnom odlučivanju (Vaidya i Kumar, 2006; Altuzarra i sar., 2007; Blagojević i sar., 2016a; Blagojević i sar., 2016b). Grupa u većini slučajeva, donosi bolje i kvalitetnije odluke od pojedinaca jer poseduje tzv. višedimenzionalno mišljenje. Individualni donosilac odluke obično generiše manji broj ideja, kao i manji broj mogućnosti za rešenje problema. Metod se zasniva na razlaganju složenog problema u hijerarhiju, gde je na vrhu hijerarhije cilj, dok su kriterijumi i alternative na nižim nivoima (Lakićević i sar., 2017). Da bi se vršila poređenja elemenata hijerarhije (kriterijumi u odnosu na cilj i alternative u odnosu na kriterijume) koristi se Satijeva skala prikazana u Tabeli 3 (Saaty, 1980). Matrica je simetrična u odnosu na svoju glavnu dijagonalu tako da važi da je $a_{ij} = 1/a_{ji}$, dok su elementi na glavnoj dijagonali $a_{ii}=1$. AHP izračunava određene parametre koji daju informaciju o konzistentnosti vrednovanja. Sa povećanjem broja poređenja elemenata opada koncentracija kao i konzistentnost.

Definisano ograničenje za stepen konzistentnosti (CR) iznosi 0,1 (Saaty, 1980). Ukoliko je vrednost $CR > 0,10$ u literaturi se sugeriše da se vrednovanje ponovi, međutim u praksi se prihvataju i vrednosti do 0,20. Prioritizacija predstavlja određivanje težina poređenih elemenata na osnovu brojčanih vrednosti iz matrice A.

U radu je primenjen aditivni metod (AN) (Saaty, 1980). Svi elementi date kolone matrice se sabere, a zatim normalizuju tako što se svaki element kolone podeli zbirom iste kolone. Postupak se ponavlja za svaku kolonu, a zatim se nalazi srednja vrednost normalizovanih vrednosti po svim vrstama. Matematički model ovog postupka čine relacije (2) i (3). Dobijene vrednosti predstavljaju traženi vektor w_i .

$$A = \begin{bmatrix} a_{11} & a_{12} & \dots & a_{1n} \\ a_{21} & a_{22} & \dots & a_{2n} \\ \cdot & \cdot & \dots & \cdot \\ \cdot & \cdot & \dots & \cdot \\ a_{n1} & a_{n2} & \dots & a_{nm} \end{bmatrix} \quad (1)$$

$$a'_{ij} = a_{ij} \left[\sum_{i=1}^n a_{ij} \right]^{-1} \quad (2)$$

$$w_i = (1/n) \sum_{j=1}^n a'_{ij} = (1/n) \sum_{j=1}^n a_{ij} \left[\sum_{i=1}^n a_{ij} \right] \quad (3)$$

Tabela 3

Satijeva skala relativnog značaja

Table 3

Saaty's scale of relative importance

Definicija	Numerička vrednost
Isti značaj	1
Slaba dominantnost	3
Jaka dominantnost	5
Vrlo jaka dominantnost	7
Apsolutna dominantnost	9
(Međuvrednosti)	(2, 4, 6, 8)

Rezultati i diskusija

U Tabeli 4 formirane su matrice poređenja kriterijuma u odnosu na cilj, za oba DO i alternative u odnosu na kriterijume (Tabela 5). Prikazane su i težine kriterijuma i alternative. Najveću težinu DO1 ima četvrti kriterijum (obloga/prekrivač deponije), drugi po težini je prvi kriterijum (količina otpada/veličina deponije), dok su ostali kriterijumi imali znatno manje težine, ukupno 26%. Najveću težinu DO2 imaju četvrti i prvi kriterijum, a ostali kriterijumi imaju ukupno 29%.

Tabela 4

Matrice poređenja kriterijuma u odnosu na cilj i težinski vektori

Table 4

Matrix of comparison of criteria with respect to the goal and computed weights

Cilj	C1	C2	C3	C4	C5	C6	w _i
C1	1	5	8	1/5	5	3	0,23
C2		1	2	1/8	1	1/5	0,05
C3			1	1/9	1/2	1/3	0,03
C4				1	8	6	0,51
C5					1	1	0,06
C6						1	0,11

Cilj	C1	C2	C3	C4	C5	C6	w _i
C1	1	4	8	1/3	4	2	0,24
C2		1	2	1/7	1	1/4	0,06
C3			1	1/9	1/2	1/3	0,04
C4				1	6	5	0,47
C5					1	1	0,07
C6						1	0,12

Tabela 5

Matrice poređenja alternativa u odnosu na kriterijume i težinski vektori

Table 5

Decision making matrices with respect to selected criteria and computed weights

C1	A1	A2	A3	A4	A5	A6	w _i
A1	1	3	3	3	9	4	0,37
A2		1	4	5	6	3	0,27
A3			1	2	7	3	0,15
A4				1	7	2	0,12
A5					1	1	0,04
A6						1	0,06

C1	A1	A2	A3	A4	A5	A6	w _i
A1	1	6	2	3	7	3	0,35
A2		1	5	4	6	3	0,25
A3			1	3	7	5	0,20
A4				1	7	2	0,11
A5					1	1	0,03
A6						1	0,06

C2	A1	A2	A3	A4	A5	A6	w _i
A1	1	1/5	1/5	1/3	2	5	0,08
A2		1	4	5	7	9	0,47
A3			1	4	5	8	0,26
A4				1	3	7	0,13
A5					1	5	0,05
A6						1	0,02

C2	A1	A2	A3	A4	A5	A6	w _i
A1	1	1/5	1/3	1/3	2	5	0,09
A2		1	4	5	9	7	0,46
A3			1	3	6	9	0,24
A4				1	3	6	0,14
A5					1	1	0,04
A6						1	0,03

C3	A1	A2	A3	A4	A5	A6	w _i
A1	1	3	2	1/4	4	3	0,21
A2		1	2	1/5	2	2	0,12
A3			1	1/4	3	1/2	0,09
A4				1	5	3	0,42
A5					1	1	0,06
A6						1	0,10

C3	A1	A2	A3	A4	A5	A6	w _i
A1	1	2	2	1/4	5	2	0,20
A2		1	2	1/3	2	2	0,14
A3			1	1/4	4	1/3	0,10
A4				1	4	4	0,40
A5					1	1	0,06
A6						1	0,11

C4	A1	A2	A3	A4	A5	A6	w _i
A1	1	3	5	3	1	5	0,30
A2		1	3	2	1/4	4	0,14
A3			1	1/3	1/5	1/3	0,04
A4				1	1	5	0,16
A5					1	9	0,30
A6						1	0,06

C4	A1	A2	A3	A4	A5	A6	w _i
A1	1	4	6	3	1	3	0,29
A2		1	3	2	1/5	4	0,13
A3			1	1/3	1/5	1/5	0,04
A4				1	1	6	0,16
A5					1	9	0,30
A6						1	0,07

C5	A1	A2	A3	A4	A5	A6	w _i
A1	1	1/5	1/3	1/5	1/5	2	0,05
A2		1	4	2	3	7	0,35
A3			1	1/4	1/3	5	0,10
A4				1	5	7	0,30
A5					1	1	0,17
A6						1	0,03

C5	A1	A2	A3	A4	A5	A6	w _i
A1	1	1/5	1	1/5	1/3	2	0,06
A2		1	3	4	4	5	0,39
A3			1	1/5	1/3	3	0,08
A4				1	4	6	0,27
A5					1	1	0,16
A6						1	0,04

C6	A1	A2	A3	A4	A5	A6	w _i
A1	1	1/6	1/3	1/4	1/2	3	0,06
A2		1	3	5	8	8	0,45
A3			1	4	3	6	0,22
A4				1	4	7	0,16
A5					1	1	0,06
A6						1	0,04

C6	A1	A2	A3	A4	A5	A6	w _i
A1	1	1/7	1/5	1/3	1	3	0,06
A2		1	4	5	7	9	0,46
A3			1	4	4	8	0,24
A4				1	3	7	0,13
A5					1	9	0,09
A6						1	0,02

Na osnovu prikazanih rezultata u Tabeli 6 zaključuje se da stepeni konzistentnosti ne prelaze dozvoljene granice. Na osnovu svih izvedenih vrednovanja, izračunati su vektori prioriteta alternativa i definisan je odgovarajući rang. Sintezna po AHP metodu od cilja, preko kriterijuma do alternativa prikazana je u Tabeli 7. Množenjem težina kriterijuma iz Tabele 4 sa težinama alternativa iz Tabele 5, dobijene su težine alternativa u odnosu na cilj i njihovo rangiranje (Tabela 7). Analiza dobijenih rezultata u sprovedenom istraživanju pokazuje da je rangiranje deponija u Južnobačkom okrugu po sledećem redosledu: deponija opštine Bač, deponija opštine Beočin, deponija opštine Novi Sad, deponija opštine Vrbas, deponija opštine Bečej i deponija opštine Titel.

Tabela 6

Stepen konzistentnosti CR

Table 6

Consistency Ratio CR

Matrica	CR (DO1)	CR (DO2)
Cilj	0,07	0,03
C1	0,10	0,02
C2	0,10	0,07
C3	0,08	0,10
C4	0,10	0,01
C5	0,08	0,10
C6	0,10	0,10

Sinteza rezultata pokazuje da alternativa 1 - deponija opštine Bač u višekriterijumskom smislu za oba DO (DO1 i DO2) u najvećoj meri utiče na zagađenje životne sredine. Deponija Bač po svojoj strukturi je "divlja" deponija. Najveći značaj u procesu vrednovanja kod oba DO imao je kriterijum četiri - obloga/prekrivač deponije. Kriterijum 4 je prilikom vrednovanja dobio najveću težinu: DO1 - 0,51; DO2

- 0,47 što znači da je kriterijum 4, kod prvog DO imao 51% značajnosti na krajnji ishod sinteze, dok je kod drugog DO imao 47 % značajnosti na krajnji ishod sinteze. Druga alternativa, koja u velikoj meri utiče na zagađenje životne sredine (iza deponije opštine Bač), je deponija opštine Beočin, deponija opštine Novi Sad, deponija opštine Vrbas, deponija opštine Bečej i deponija opštine Titel.

Tabela 7

Konačne težine i rangovi alternativa

Table 7

Final weights and ranks of alternatives

Alternativa	w_i (DO1)	Rang (DO1)	w_i (DO2)	Rang (DO2)
A1 – deponija opštine Bač	0,26	1	0,25	1
A2 – deponija opštine Beočin	0,23	2	0,24	2
A3 – deponija opštine Bečej	0,10	5	0,12	5
A4 – deponija opštine Vrbas	0,16	4	0,16	4
A5 – deponija opštine Novi Sad	0,18	3	0,18	3
A6 – deponija opštine Titel	0,05	6	0,06	6

Zaključci

U radu je prikazan postupak rešavanja problema iz oblasti zaštite životne sredine i vrednovanja deponija primenom metoda AHP. Rad daje primer kako se deponije mogu rangirati prema strategiji da je najviše rangirana deponija ona koja u najvećoj meri zagađuje životnu sredinu. Primer je ilustrativnog karaktera i rezultati se ne mogu koristiti za konačno odlučivanje o statusu i akcijama u vezi razmatranih deponija. Kao zemlja koja se prijavila za članstvo u EU, Republika Srbija svakako treba da pristupi rešenju upravljanja otpadom kao i sanaciji postojećih deponija koje predstavljaju opasnost po životnu sredinu. Metod koji je ovde opisan je mogući alat za donošenje odluka u postavljanju prioriteta za buduće saniranje i/ili zatvaranje deponija. Važno je napomenuti da u realnim procesima odlučivanja može biti uključeno više učesnika iz različitih interesnih grupacija (političari, stručnjaci, NGO, lokalna samouprava i dr.) i da u metodologiji zasnovanoj na AHP nije teško vršiti potrebna prilagođenja da se izraze različitosti.

Zahvalnica

Sredstva za realizaciju ovih istraživanja obezbeđena su od strane Ministarstva za prosvetu, nauku i tehnološki razvoj Republike Srbije (ugovor 451-03-9/2021-14/200117).

Literatura

- Altuzarra, A., Moreno-Jimenez, J.M., Salvador, M.A. 2007. Bayesian prioritization procedure for AHP-group decision making. *European Journal of Operational Research*, 182: 367–382.
- Blagojevic, B., Srdjevic, Z., Bezdani, A., Srdjevic, B. 2016a. Group decision making in land evaluation for irrigation: A Case study from Serbia. *Journal of Hydroinformatics*, 18: 579–598.
- Blagojevic, B., Srdjevic, B., Srdjevic, Z., Zoranovic, T. 2016b. Heuristic aggregation of individual judgments in AHP group decision making using simulated annealing algorithm. *Information Sciences*.
- Commission of the European communities 2006. Communication from the commission to the council, the European parliament, the European economic and social committee and committee of the regions. Brussels. Pristupljeno 2. februara 2021.
- Di Felice, P. 2014. Integration of Spatial and Descriptive Information to Solve the Urban Waste Accumulation Problem. *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, 2: 147-182.
- Economic and Trade Office 2017. Flanders Investment & Trade Market Survey. Solid waste sector in Serbia - overview. Embassy of Belgium, Belgrade. Pristupljeno 15. aprila 2021.
- Ghiani, G., Lagana, D., Manni, E., Triki, C. 2012. Capacitated location of collection sites in an urban waste management system. *Waste Management*, 32: 1291.
- Ismail, RMA., Al-Mattarneh, HMA., Sidek, LM., Zain, MFM., Taha, MR. 2003. Dielectric Properties of Soil contaminated by Solid Waste Leachate in the Frequency Range of 100 kHz to 1000kHz. *ICCBT D 35*: 373-380.
- Lakićević, M., Srđević, B., Todorović, N.J., Bajić, L. 2017. Primena AHP metoda u višekriterijumskom vrednovanju parkova Novog Sada. *Letopis Poljoprivrednog fakulteta*, 1: 22-29.
- Marceta, U., Vujic, B., Srdjevic, Z., Mihajlovic, V., Radosav, D. 2021. Multi-Criteria Decision-Making Model to Support Landfill Prioritization: Methane Risk Assessment. *Environ Stud.* Vol. 30, No. 2: 1297-1306.

- Saaty T. L. 1980. *The Analytic Hierarchy Process*, McGraw-Hill, New York.
- SEPA 2018. RS Ministry of Environmental Protection, Environmental Protection Agency. *Waste management in RS from 2011 to 2017 year*, Belgrade.
- Scheutz, C., Kjeldesen, P., Bogner, J.E., DE Visscher, A., Gebert, J., Hilger, H.A., Spokas, K. 2009. Microbial methane oxidation processes and technologies for mitigation of landfill gas emissions. *Waste Management and Research*, 27 (5), 409.
- Stanisavljević, N., Ubavin, D., Batinić, B., Felliner, J., Vujić, G. 2012. Methane emissions from landfills in Serbia and potential mitigation strategies: a case study. *Waste Management & Research*, 10, 1095.
- Vaidya, O.S., Kumar, S. 2006. Analytic hierarchy process: An overview of applications. *European Journal of Operational Research*, 169: 1–29.
- Van Camp, L., Bujarrabal, B., Gentile, Ar., Jones, RJA., Montanarella, L., Olazabal, C., Selvaradjou, SK. 2004. Reports of the technical working groups established under the thematic strategy for soil protection, Established under the thematic strategy for soil protection, Volume IV, Contamination and land management. Luxembourg: Office for Official Publications of the European Communities.

Group evaluation of landfills in South Bačka District

Sanja Antić^{a*}, Milica Stajić^a

^a University of Novi Sad, Faculty of Agriculture, Department of Water Management, Novi Sad, Serbia

*Corresponding author: sanja.antic@polj.uns.ac.rs

ABSTRACT

Countries in development, which includes Serbia, face environmental degradation problems due to waste disposal in unregulated landfills. Due to the uncontrolled spread of pollutants, there are numerous dangers to the environment and solutions are being sought for remediation or in some cases for landfill closure. Both require significant financial resources, so it makes sense to establish or set priorities. The paper presents a possible approach to this problem on the example of landfills and for this purpose a methodology for landfill valuation using a multicriteria optimization method - analytic hierarchy process (AHP) is proposed. AHP is equally suitable for supporting individual and group decision making processes. Six landfills were ranked, and the evaluations were done by the authors of the paper based on the insight into the documentary material.

KEY WORDS: Landfills, analytic hierarchy process (AHP), group decision making, South Bačka District

Primljen: 23.08.2021.
Prihvacen: 11.12.2021