



Vladimir Ristanović

Institut za evropske studije
Beograd, Srbija

CONTACT: vladimir.ristanovic@ies.rs

UDC:
628.4:005]:338
502.174:338

Type of work:
ONR

Primljen: **17.06.2024** ✓
Prihvaćen: **25.06.2024** ✓



Andrea Bučalina Matić

Fakultet društvenih nauka
Beograd, Srbija

CONTACT: andrea.bucalina@fdn.edu.rs



Goran Lalić

Fakultet društvenih nauka
Beograd, Srbija

CONTACT: goran.lalic@fdn.edu.rs

ULOGA UPRAVLJANJA OTPADOM U CIRKULARNOJ EKONOMIJI KORIŠĆENJEM AHP METODE¹

Apstrakt: Rast svesti o značaju upravljanja otpadom u ekonomiji poslednjih godina je postalo važno pitanje održivosti. Cirkularna ekonomija podrazumeva veći stepen uspešnosti upravljanja otpadom. Cilj ovog papira je analiza upravljanja otpadom na lokalnom nivou. Istraživanje je zasnovano na anketnom upitniku 250 ispitanika različitog uzrasta i stepena obrazovanja. Rezultati proistekli iz anketnog upitnika biće deo naučnoistraživačkih radova koji predstavljaju rezultat projekta Cirkularna svest sufinansiranog od strane Sekretarijata za zaštitu životne sredine Grada Novog Sada. Razvijen je model koji treba da omogući mnogo zdravije, održivije okruženje. Odluku o faktorima upravljanja otpadom doneli smo na bazi višekriterijumskog odlučivanja (MCDM). Koristili smo analitički hijerarhijski proces (AHP metod) da ocenimo elemente koji utiču na bolje upravljanje otpadom na lokalnom nivou koji su građani ocenili kao presudnim u cilju zaštite životne sredine. Rezultati su pokazali da bez obrazovanja ljudi i raspoloživih kapaciteta nije moguće postići održivu životnu sredinu. Važnu komponentu predstavlja i društvena odgovornost pojedinaca na lokalnom nivou. Na ovaj način otvorili smo prostor za buduće analize koje mogu uključiti regresione modele i oceniti relacije između pojedinih kategorija.

Ključne reči: CIRKULARNA EKONOMIJA, UPRAVLJANJE OTPADOM, AHP METOD

¹ Rad je rezultat istraživanja za potrebe projekta „Cirkularna svest“ sufinansiranog od strane Gradskog sekretarijata za zaštitu životne sredine Grada Novog Sada

Uvod

Jedan od načina ostvarivanja globalnih ciljeva po pitanju održivosti jeste uspostavljanje cirkularne ekonomije kao primarnog vida vođenja ekonomije država. Značaj davanja prednosti cirkularnoj ekonomiji viđen je i od strane Evropske unije. (Camana, et al., 2021) Da bi se postigli ciljevi održivosti neophodan je dobro razvijen sistem upravljanja otpadom. Efikasan sistem upravljanja otpadom podrazumeva da se na adekvatan i efisan način sortira i odvaja otpad koji nastaje u pripremi, ali i u društvu. (Nainggolan, et al., 2019) Kako bi se ostvarilo sve navedeno neophodno je razumevanje individualnih preferencija, stavova, očekivanog ponašanja kao i spremnosti i želje za adekvatnim upravljanjem otpadom. Sprovođenjem aktivnosti adekvatnog upravljanja otpadom je u skladu sa ciljevima cirkularnosti i unapređenja zaštite životne sredine što je ujedno dobrobit društva. (Cai, et al., 2021; Ke, et al., 2022; Song, et al., 2019)

Savremeni uslovi života, globalizacija privrede, brz ekonomski rast i razvoj, urbanizacija, migracija stanovništva iz ruralnih u urbane sredine samo su neki od razloga značajnog povećanja zagađenja životne sredine, što dalje implicira i više nivo opasnosti po zdravlje stanovništva.

Porast broja stanovnika u urbanim sredinama i urbanizacija doveli su do stvaranja velikih količina otpada u urbanim područjima. Navedeno je naročito zastupljeno u zemljama u razvoju. (Chen, et al., 2010; Wang, 2020) Prema istraživanjima nekih autora globalna proizvodnja čvrstog komunalnog otpada procenjena je na 1,3 milijarde metričkih tona u 2012. godini, a očekuje se da će dostići 2,2 milijarde tona do 2025. godine. (Bhada-Tata, Hoornweg, 2012)

Čvrst komunalni otpad se smatra jednim od najvažnijih nusproizvoda savremenog, urbanog načina života i čak neki autori navode da količina čvrstog komunalnog otpada raste brže i od samog stepena urbanizacije. (Bhada-Tata, Hoornweg, 2012) U istraživanjima vezanim za čvrst komunalni otpad utvrđeno je da stopa proizvodnje čvrstog komunalnog otpada u direktnoj korelaciji sa nekoliko indikatora urbanizacije (Ho, et al., 2017; Chen, Y.C. 2018), ali i da socioekonomski faktori kao što su obrazovanje, zanimanje, porodica takođe utiču na stvaranje komunalnog otpada. (Bandara, et al., 2007; Chen, Y.C. 2018.)

Značajna ulogu u stvaranju komunalnog otpada imaju i moralni principi pojedinaca koji se ogledaju u njihovom ponašanju u odnosu na životnu sredinu po pitanju svakodnevnih navika kao što je bacanje hrane (Talwar, et al., 2021b), recikliranje otpada iz domaćinstva. (Botetzagias, et al., 2015; Bishop, 2013)

Za efikasno upravljanje čvrstim komunalnim otpadom, pored navedenih faktora i institucija lokalnog karaktera, prevashodno su odgovorni građani, odnosno njihova razvijena svest o adekvatnom sortiranju i razvrstavanju otpada koji se odlaže iz domaćinstava. Istraživanja su pokazala da stepen razvijene svesti svakog pojedinca o

adekvatnom sortiranju i odlaganju komunalnog otpada zavisi od ekoloških vrednosti pojedinca, iskustava i socioekonomskih faktora. (Cantillo, et al., 2023) Upravo je to jedan od razloga zašto se brojni naučnici opredeljuju za istraživanje faktora koji imaju uticaj na viši ili niži nivo angažovanja u sortiranju otpada i učestovanju u samom procesu reciklaže. (Gilli, et al., 2023; Aprile, et al., 2019; Cantillo, et al., 2023) Prema navedim istraživanjima na viši stepen svesti građana utiču razni podsticaji, društvene norme, održavanje ugleda, lične vrednosti. (D'Amato, et al., 2016; Degli Antoni, et al., 2019; Cantillo, et al., 2023) Istraživanja usmerena na proučavanje uticaja socioekonomskih faktora na viši nivo svesti građana po pitanju učešća u procesu reciklaže nisu ukazala na to da određeni faktori utiču na svest, već su pokazala različite rezultate u zavisnosti od pojedinca do pojedinca. (Ke, et al., 2022)

Prema istraživanju sprovedenom za potrebe projekta Cirkularna svest koji je sufinansiran od strane Sekretarijata za zaštitu životne sredine Grada Novog Sada i naučnoistraživačkih radova koji su proistekli iz tog projekta, kao ključni faktori u adekvatnom upravljanju otpadom izdvojeni su obrazovanje, kapaciteti, regulative i investicije. Faktori su navedeni u skladu sa pozicijom koju zazimaju prema istraživanju.

Proces analitičke hijerarhije (AHP) je najpoznatiji metod iz arsenala višekriterijumskog odlučivanja (MCDM). Veoma složena hijerarhijska struktura metoda pokazala se kao odličan alat u procesu donošenja odluka. Iako se radi o složenoj strukturi, to je ujedno predstavlja i najveću prednost metoda višekriterijumskog odlučivanja. Naime, struktura je tako koncipirana da omogućava transformaciju u skladu sa potrebama istraživanja, sa problemom koji se razmatra, brojem nivoa kroz koji se vrši uparivanje, poređenja, kao i broja elemenata po različitim hijerarhijskim nivoima. Takvu prednost brojni istraživači su koristili u različitim naučnim oblastima. (Parekh, et al., 2015; Delmonico, et al., 2018; Jurík, et al., 2020; Ristanović, et al., 2022; Šostar, et al., 2023a; Šostar, et al., 2023b) Stekao je ulogu najšire primenjenog metoda ponderisanja sa više elemenata za podršku odlučivanju. Ovaj alat omogućava donosiocima odluka da procene kriterijume evaluacije i poboljšaju donošenje odluka. Primenjen je u brojnim oblastima za rešavanje složenih problema sa više kriterijuma. Stoga AHP metoda može biti pogodna za primenu u upravljanju otpadom na lokalnom nivou pošto doprinosi efikasnijem donošenju odluka pomoću rangiranja kriterijuma i alternativa po važnosti.

Opšta hipoteza:

H0: Svest o značaju recikliranja za ekonomiju je izražen

Specifične hipoteze:

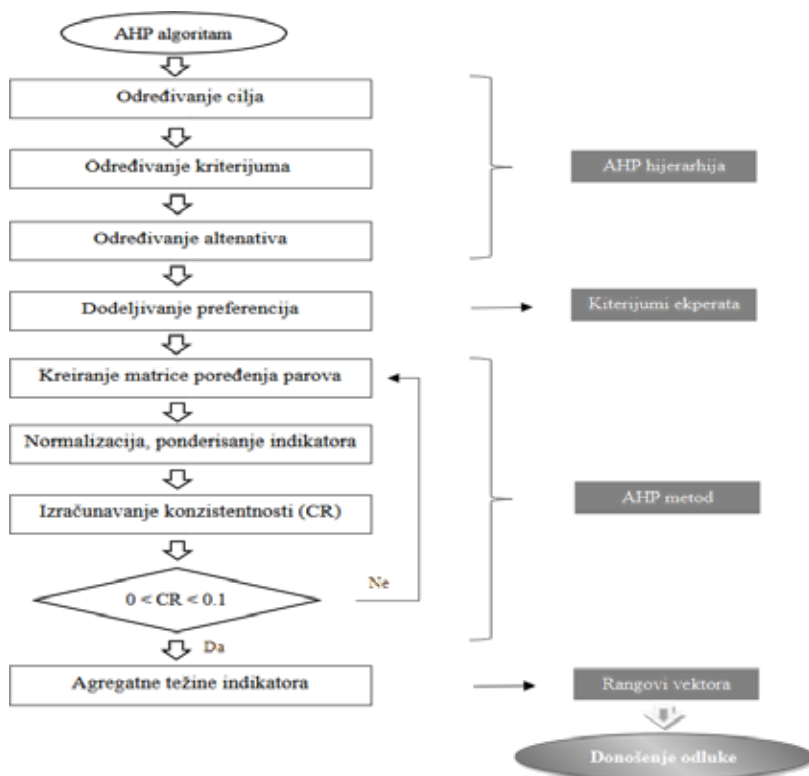
H1: Ako se pojačavaju kapaciteti, povećaće se obim recikliranja otpada

H2: Veći stepen obrazovanja ljudi daće tehnološki i inovaciono bolji efekat na okruženje

Ovaj papir je koncipiran kroz sledeće delove. Nakon apstrakta, uvodnog dela i metodologije predstavljen je AHP metod i postupak ocenjivanja. Sledi, deo koji sadrži rezultate ove analize i zaključak.

Metodologija

Za praćenje elemenata koji određuju upravljanje otpadom potrebno je proceniti njihovu ulogu u cirkularnoj ekonomiji. Osmišljen je algoritam za procenu kriterijuma za donošenje odluka o kriterijumima upravljanja otpadom i alternativama u postizanja boljih rezultata upravljanja otpadom. Identifikovano je 5 kriterijuma i 4 alternative za razgovor sa stručnjacima iz oblasti održive i cirkularne ekonomije, zaštite životne sredine i tehnologije. U cilju utvrđivanja vektora težine sprovedena je stručna ocena eksperata, koja je pomogla konačno poređenje indikatora po nivoima korišćenjem strukture AHP metode. Ovako koncipiran algoritam omogućio nam je da identifikujemo glavne elemente upravljanja otpadom na lokalnom nivou u Srbiji.



Slika 1. AHP metod

Izvor: prikaz autora

Hijerarhijska struktura. Na vrhu hijerarhijske strukture je postavljen problem ili cilj. Na nižem nivou su definisani kriterijumi koji se koriste za evaluaciju. Kreiraju se matrice po različitim nivoima, određuju se vektori težina. Potom se uparivanje poređenja vrši između različitih nivoa. Ishodi ovih uparivanja su matrice koje se koriste za vrednovanje a potom se rangiraju kako bi se donosile odluke. Prilikom određivanja prioriteta za pojedinačne uporedne sudove koristi Saaty skala mernih odnosa (Tabela 1).

<i>Intenziteti značajnosti</i>	<i>Definicija</i>
1	Isto prioritetno
3	Slabo prioritetno
5	Jako prioritetno
7	Vrlo jako prioritetno
9	Apsolutno prioritetno
2, 4, 6, 8	Međuvrednosti

Tabela 1. Skala relativnog značaja Izvor: Saaty, 1987

Na najnižem hijerarhijskom nivou su postavljene alternative za donošenje odluka. Konačna ocena se ogleda u sintezi prioriteta, i to se smatra završenom evaluacija za određivanje važnosti kriterijuma i alternativnog učinka.

AHP metod. Procena sistema odlučivanja o upravljanju otpadom na lokalnom nivouu Srbiji uključuje nekoliko faktora. Analiziramo faktore okruženja, ekonomske faktore, tehnološke faktore, faktore koji se vezuju za inovacije i društvene faktore. Na osnovu ovih faktora ocenjujemo problem odlučivanja. Razvoj nezavisnog AHP metoda za evaluaciju upravljanja otpadom je krajnji cilj istraživanja. U osnovi, AHP metoda daje mogućnost poređenja u paru za procenu prioriteta. U tu svrhu se definiše matrica veličine $n \times n$. Tako se kreira hijerarhijska ili mrežna prezentacija problema kroz koju se definišu rešenja postavljenog cilja. Sve numeričke vrednosti se unose u matricu, redosledom koji odgovara matričnom nizu u matematici. Dijagonala matrice uzima vrednosti 1, u gornjem trouglu matrice unose se vrednosti, dok u donjem trouglu matrice njihove recipročne vrednosti. Takva matrica se koristi za dalje poređenje u paru na različitim nivoima hijerarhijske strukture.

Broj matrica zavisi od broja elemenata koji se nalazi na svakom hijerarhijskom nivou. Takođe, redosled matrica određuju elementi koji su povezani na različitim nivoima unutar strukture. U nastavku evaluacije, svaki element se ocenjuje pomoću relativne skale poređenja u paru. Ovde se javlja i osnovni nedostatak AHP metoda. To je da postoji određen stepen nedoslednosti, s obzirom na to da su u poređenjima uključeni subjektivni stavovi. Ocena je efikasna ako je konzistentna, pa

se sprovodi ocenjivanje konzistentnosti. Izračunava se odnos doslednosti (CR). Prvo se vrši proračun za svojstvenu vrednost (λ_{max}) i indeks konzistentnosti (jednačina 1). Potom, jednačina 2, se izračunava odnos konzistentnosti (CR) je odnos indeksa konzistentnosti (CI) prema slučajnom indeksu (RI). Ako je vrednost koeficijenta konzistentnosti (CR) manja od 10%, postoji doslednost i procenjeni pokušaj poboljšanja doslednosti je prihvaćen. Ako je veći od 10%, postupak se ponavlja. Kada se dobiju konzistentne ocene težina, ostvaruje se ukupni prioritet.

Pomoću distributivnog modela agregacije sintetizuju se vektori težina, potom se ocenjuje indeks konzistentnosti i stepen konzistentnosti,

$$CI = \frac{(\lambda_{max} - n)}{(n-1)} \quad (1)$$

$$CR = \frac{CI}{RI} \quad (2)$$

gde je RI slučajni indeks (indeks konzistencije matrice veličine n slučajno generisanih poređenja parova). Izračunate vrednosti slučajnog indeksa prikazane su u tabeli 2.

										0	1	2	3	4
.i.			.58	.89	.11	.25	.35	.40	.45	.49	.51	.48	.56	.57

Tabela 2. Vrednosti slučajnih indeksa (RI)

Izvor: Saaty, 1987

Da bi se ispitala konzistentnost rezultata potrebno je prethodno izračunati maksimalnu sopstvenu vrednost matrice poređenja (λ_{max}). Gornja granica za ocenu indeksa konzistentnosti je 0.1. Ukoliko je indeks konzistentnosti veći od 10% vrednovanje u matrici treba korigovati, odnosno ponoviti poređenje pravila metodom sopstvenih vrednosti. Rangiranjem konačnih vrednosti indeksa konzistentnosti dobija se rešenje problema odlučivanja.

Rezultati

Na samom početku analize definisan je cilj. Prva faza AHP metoda podrazumeva upoređivanje kriterijuma sa postavljenim ciljem. Potom su definisani alternative hijerarhijske strukture. Za odabir najvažnijih elemenata upravljanja otpadom izvršeno je upoređivanje 4 alternative, na osnovu 5 kriterijuma. Sledeća faza je vrednovanje kriterijuma (na osnovu napred navedene Satijeve devetostepene skale), čiji je cilj definisanje težinskih koeficijenata potrebnih za procenu i selekciju pokazatelja upravljanja otpadom. U petoj fazi ocenjuju se alternative na osnovu svakog kriterijuma, tj. svaka od 4 alternative biće ocenjena na osnovu 5 razmatranih kriterijuma odlučivanja. Svaka alternativa će dobiti svoju vrednost. Konačno, u poslednja faza predstavlja donošenje odluke i izbor varijanti. Ekonomski pokazatelj koji ima najveći stepen vrednosti biće najpovoljnije rešenje za malo gazdinstvo.

Donosilac odluke je imao zadatak da izdvoji kriterijume, potom da sprovede poređenje kriterijuma u parovima u odnosu na cilj (korišćenjem Saaty-ve skale), da bi potom sproveo poređenje varijanti u parovima u odnosu na svaki kriterijum.

CILJEVI						PONDERI TEŽINA
	1	2	3	4	4	
C ₁						0.34
C ₂						0.11
	1/2		1/2	1/2	1/2	
C ₃						0.17
	1/3				1/2	
C ₄						0.13
	1/2		1/2		1/3	
C ₅						0.25
	1/2					

Tabela 3. Matrica poređenja kriterijuma i izračunatih težina

Tabela 3. pokazuje da su najznačajniji kriterijumi za odlučivanje o upravljanju otpadom okruženje ili životna sredina (C1) i društvena odgovornost građana na lokalnom nivou (C5). Zatim slede kriterijumi tehnološke prirode (C3), održive inovacije (C4) i ekonomski kriterijumi (C2), redom po veličini pondera težina posmatrani. Kako bi se izbegle greške prilikom donošenja zaključaka u određivanju vrednosti kriterijuma kod matrice parnog poređenja, vrši se procena obima odstupanja od konzistentnosti. Prvo se izračunava maksimalna sopstvenu vrednost matrice poređenja ($\lambda_{max} = 5.284$), izvodi ocenu indeksa konzistentnosti ($CI = 0.07$) i stepena konzistentnosti ($CR = 0.063$). Kako je izračunata vrednost indeksa konzistentnosti manja od 0.1 to znači je matrica poređenja dobro postavljena.



Sledeći korak u konceptu AHP metoda, vršeno ocenjivanje varijanti prema svakom od kriterijuma pojedinačno. Tabela 4. pokazuje matrice poređenja varijanti u odnosu na pet kriterijuma i odgovarajući težinski vektori.

1	1	2	3	4	J	2	1	2	3	4	J	3	1	2	3	4	J
1					.38	1		<i>/2</i>	<i>/4</i>	<i>/2</i>	.12	1					.44
2	<i>/2</i>				.33	2					.40	2	<i>/2</i>				.29
3	<i>/2</i>	<i>/3</i>			.17	3		<i>/2</i>			.33	3	<i>/3</i>	<i>/2</i>		<i>/2</i>	.12
4	<i>/2</i>	<i>/3</i>	<i>/2</i>		.12	4		<i>/3</i>	<i>/3</i>		.15	4	<i>/3</i>	<i>/3</i>			.16

4	1	2	3	4	J	5	1	2	3	4	J
1				<i>/2</i>	.27	1					.38
2	<i>/2</i>			<i>/2</i>	.20	2	<i>/3</i>		<i>/3</i>	<i>/2</i>	.13
3	<i>/2</i>	<i>/2</i>		<i>/2</i>	.14	3	<i>/2</i>			<i>/2</i>	.22
4					.39	4	<i>/2</i>				.27

Tabela 4. Matrice za donošenje odluka u pogledu kriterijuma i izračunatih težina

U tabeli 4. predstavljene su matrice poređenja (A1 – obrazovanje, A2 – kapaciteti, A3 – investicije, A4 – regulativa) po kriterijumima (C1-C5). Za održivost na lokalnom nivou dominantne su važni obrazovanje ljudi i raspoloživi kapaciteti jedinica lokalne samouprave. Ekonomski kriterijumi upravljanja zalihama podrazumevaju ulaganja u kapacitet i investicije u cirkularnu ekonomiju. Glavni pokazatelj tehnoloških aspekata upravljanja otpadom jeste obrazovanje ljudi, jer veći nivo obrazovanja podrazumeva veći broj inženjera, bolju informisanost i veću društvenu odgovornost. Pitanje održivih inovacija u upravljanju zalihama najviše se zasniva na regulativi i obrazovanju. Što je viši nivo regulative to je veća verovatnoća da se se efekti adekvatnog upravljanja otpadom bolje manifestovati na životnu sredinu. Društvena odgovornost u kontekstu upravljanja otpadom u najvećem obimu vezuje se za obrazovanje građana i regulativu o održivoj ekonomiji. Pošto su izračunati prioriteti kriterijuma u odnosu na cilj, kao i prioriteti alternativa sa poštovanjem kriterijuma, pristupa se izračunavanju prioriteta alternativa u odnosu na cilj. Ovo se jednostavno radi preko proizvoda težina (Pj). Na kraju postupka sprovodi se ukupna sinteza problema izbora, nakon čega je moguće izvršiti rangiranje pokazatelja za lokalnu zajednicu (Tabela 5). Donošenje konačne odluke, tj. odabir optimalnog modela upravljanja pronalazimo u alternativu najvećoj po vrednosti ranga koja ima najveću ukupnu težinu.

CILJ	1	2	3	4	5	Rang
A ₁	.13	.01	.07	.04	.10	.35
A ₂	.11	.04	.05	.03	.03	.26
A ₃	.06	.04	.02	.02	.06	.19
A ₄	.04	.02	.03	.05	.07	.20
	.34	.11	.17	.13	.25	1

Tabela 5. Ukupna težina i rang varijanti

Vrednost u tabeli 5. pokazuje da je procedura AHP metoda sprovedena ispravno i tačno. Naime, zbir svih vrednosti za alternative (poslednja kolona), odnosno kriterijume (poslednji red) jednak jedinici.

Konačna odluka ukazuje da je kod lokalnih zajednica, posmatrano sa aspekta upravljanja otpadom presudna površina obradivog zemljišta u gazdinstvu, manju ulogu imaju broj članova domaćinstva i kvalitet zemljišta. Kod kriterijuma dominira uticaj cene poljoprivrednih proizvoda i kanali distribucije. Ovaj ilustrativni primer malog gazdinstva zaista odaje realnu sliku – mali broj članova gazdinstva, jedino cena predstavlja mogućnost za akumulaciju finansijskih sredstava, i prodaja na više mesta (otkup, pijace, trgovinski lanci), zemlja je rodna pa dominira veličina obradivog zemljišta, a podsticaji su neustaljeni i podrazumevaju kapacitete koje često prevazilaze mogućnosti malog gazdinstva. Uključivanje dodatnih kriterijuma i varijanta moguće je sagledati detaljnije performanse gazdinstava u Srbiji.

Zaključak

Zadnjih decenija koncept cirkularne ekonomije sve više privlači pažnju međunarodnih institucija i organizacija. Tome svedoči i činjenica da je jedan od najznačajnijih ciljeva Ujedinjenih nacija u postizanju održivog razvoja upravo razvoj cirkularne ekonomije.(UNIDO, 2017).

Osnovni postulati cirkularne ekonomije usmereni su na razdvajanje ekonomskog rasta od potrošnje resursa i podsticanje održivog razvoja (Blum, et al., 2020). O reciklaži kao načinu tretiranja komunalnog otpada bilo je reči još u drevnoj civilizaciji, ali tek krajem 20. veka proces reciklaže je doživeo potpunu ekspanziju kao pristup u

rešavanju problema sa komunalnim otpadom koji je u tom momentu predstavljao značajan problem po životnu sredinu. Recikliranje predstavlja jednostavno i ekološki odgovorno ponašanje pojedinaca i institucija koje iz godine u godinu sve više zaokuplja pažnju na globalnom nivou. (Zhang, et al., 2018; Sui, et al., 2024) Kako bi se na adekvatan način upravljali komunalnim otpadom neophodno je raditi procene sadašnjih i budućih tokova otpada. Procene sadašnjih i budućih tokova predstavljaju bazu za planiranje upravljanja otpadom.

Pored toga što su institucije i organizacije primenjivale proces reciklaže, društvo u celini nije bilo osvećeno po pitanju adekvatnog upravljanja komunalnim otpadom i koristima od istog. Upravo jedan od najznačajnijih ciljeva svih institucija, organizacija, naučne zajednice jeste u osvešćivanju društva u celini po pitanju svesti o adekvatnom upravljanju komunalnim otpadom.

Iako se do danas dosta postiglo i vidljivi su rezultati uložених napora vezani za jačanje svesti o značaju reciklaže, i dalje to treba da bud impertiv u bliskoj budućnosti.

U ovom istraživanju je prikazan postupak rešavanja višekriterijumskog odlučivanja, pomoću AHP metoda. Primenom AHP metode, metode višekriterijumskog odlučivanja, dobijeni rezultati su pokazali da su pet najvažnijih kriterijuma kod 1. okruženja (rang: 1), 2. ekonomski (rang: 5), 3. tehnološki (rang: 3), 4. inovacija (rang: 4) i 5. društvenih (rang: 2), kao ključni u adekvatnom upravljanju otpadom izdvojeni: obrazovanje (rang: 1), kapaciteti (rang: 2), regulativa (rang: 3), investicije (rang: 4).

Pravac istraživanja je uspešno realizovan u kontekstu postavljenih hipoteza istraživanja. Rezultati su pokazali da je osnovna hipoteza potvrđena, tj. da je svest o značaju recikliranja izražena. Prva specifična hipoteza, veći kapaciteti, vode većem obimu recikliranja, je logično postavljena i odgovara trendovima u drugim zemljama koje imaju izražene rezultate u pogledu upravljanja otpadom. Međutim, rezultati AHP metode pokazuju, slično anketnim rezultatima, pokazali su da su nedovoljni kapaciteti i da, shodno tome, postoje lošiji rezultati. Potencijalno, sa rastom kapaciteta može se očekivati veći obim i kvalitet reciklaže. Druga specifična hipoteza, parafrazirano obrazovanjem preko tehnoloških inovacija do manjeg zagađenja životne sredine, je potvrđena. Visoka svest o životnoj sredini dolaze sa kriterijumom obrazovanja, jer su obrazovani ljudi više zainteresovani za tehnološka rešenja koja će voditi održivoj životnoj sredini.

Ovakva primena metoda višekriterijumskog odlučivanja se pokazala korisnom i dovoljnom osnovom za buduće istraživanje sličnih tema održive i cirkularne ekonomije. Uključivanjem novih elemenata u hijerarhijske nivoe moguće je dobiti detaljnije podatke. Ohrabruje činjenica da bi se na postojećim podacima iz ankete mogle doneti još detaljnije ocene o upravljanju otpadom, uključivanjem demografskih podataka.



LITERATURA



1. Annual Report 2017 UNIDO, <https://www.unido.org/sites/default/files/unido-publications/2023-03/Annual-Report-2017-en.pdf>
2. Aprile, M.C., Fiorillo, D. (2019): Intrinsic incentives in household waste recycling: The case of Italy in the year 1998, *Journal of Cleaner Production*, Elsevier, Vol. 227, pp. 98-110, <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0959652619312648>
3. Bandara, N., Hettiaratchi, J.P.A., Wirasinghe, S.C., Pilapiya, S. (2007). Relation of waste generation and composition to socio-economic factors: A case study, *Environmental Monitoring and Assessment* 135(1-3):31-39, DOI:10.1007/s10661-007-9705-3
4. Bening, C., Pruess, J.T., Blum, N.U. (2021): Towards a circular plastics economy: Interacting barriers and contested solutions for flexible packaging recycling, *Journal of Cleaner Production*, Elsevier, Vol. IV02, <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2021.126966>
5. Bhada-Tata, P., Hoornweg, D. (2012): What a waste?: a global review of solid waste management, World Bank Group. United States of America. <https://documents1.worldbank.org/curated/en/302341468126264791/pdf/68135-REVISED-What-a-Waste-2012-Final-updated.pdf>
6. Blum, N.U., Haupt, M., Bening, C.R. (2020): Why "Circular" doesn't always mean "Sustainable", *Resources, Conservation and Recycling*, Elsevier, Vol. 162, <https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2020.105042>
7. Cantillo, T., Notaro, S., Bonini, N., Hadjichristidis, C. (2023): Assessing Italian household preferences for waste sorting systems: The role of environmental awareness, socioeconomic characteristics, and local contexts, *Waste Management*, Elsevier, Volume 163, pp. 22-33
8. Cai, K., Xie, Y., Song, Q., Sheng, N., Wen, Z. (2021): Identifying the status and differences between urban and rural residents' behaviors and attitudes toward express packaging waste management in Guangdong Province, China. *Science of The Total Environment*, Elsevier, Vol. 797, <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2021.148996>
9. Camana, D., Manzardo, A., Toniolo, S., Gallo, F., Scipioni, A., (2021): Assessing environmental sustainability of local waste management policies in Italy from a circular economy perspective. An overview of existing tools. *Sustainable Production and Consumption*, Elsevier, Vol. 27, pp. 613-629, <https://doi.org/10.1016/j.spc.2021.01.029>
10. Chen, X., Geng, Y., Fujita, T. (2010): An overview of municipal solid waste management in China *Waste Manage, Waste Management*, Elsevier, 30(4), pp. 716-724, DOI:10.1016/j.wasman.2009.10.011,
11. Chen, Y.C. (2018): Effects of urbanization on municipal solid waste composition, *Waste Management*, Elsevier, Vol. 79, pp. 828-836,
12. <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2018.04.017>
13. D'Amato, A., Mancinelli, S., Zoli, M. (2016): Complementarity vs. substitutability in waste management behaviors, *Ecological Economics*, Vol. 123, pp. 84-94, 10.1016/j.ecolecon.2015.12.005
14. Degli Antoni, G., Vittucci Marzetti, G. (2019): Recycling and Waste Generation: An Estimate of the Source Reduction Effect of Recycling Programs, *Ecological Economics*, 161, pp. 321-329, 10.1016/j.ecolecon.2019.04.002
15. Delmonico, DV de G., Santos, HH dos., Pinheiro, MA., de Castro R, de Souza RM. (2018): Waste management barriers in developing country hospitals: Case study and AHP analysis. *Waste Management & Research*. 36(1):48-58. doi:10.1177/0734242X17739972

16. Gilli, M., Nicolli, F., Farinelli, P. (2018): Behavioural attitudes towards waste prevention and recycling, *Ecological Economics*, Vol. 154, pp. 294-305.
17. Ho, W.S., Hashim, H., Lim, J.S., Lee, C.T., Sam, K.C., Tan, S.T. (2017): Waste Management Pinch Analysis (WAMPA): Application of Pinch Analysis for greenhouse gas (GHG) emission reduction in municipal solid waste management, *Applied Energy*, Elsevier, Vol. 185, Part 2, pp. 1481-1489, <https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2016.01.044>
18. Jurík, L., Horňáková, N., Santava, E., Sablik, J. (2022): Application of AHP method for project selection in the context of sustainable development. *Wireless Networks*, 28(10), 893–902. DOI:10.1007/s11276-020-02322-2
19. Ke, J., Cai, K., Yuan, W., Li, L., Song, Q. (2022): Promoting solid waste management and disposal through contingent valuation method: A review. *Journal of Cleaner Production*, Elsevier, Vol. IV79 (1), 134696 <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2022.134696>
20. Nainggolan, D., Branth Pedersen, A., Smed, S., Haile Zemo, K., Hasler, B., Termansen, M. (2019): Consumers in a Circular Economy: Economic Analysis of Household Waste Sorting Behaviour. *Ecological Economics*, Elsevier, Vol. 166(C), <https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2019.106402>
21. Parekh, H., Yadav, K., Yadav, S., Shah, N. (2015): Identification and assigning weight of indicator influencing performance of municipal solid waste management using AHP. *KSCE Journal of Civil Engineering*, Vol. 19, pp. 36–45. <https://doi.org/10.1007/s12205-014-2356-3>
22. Ristanović, V., Tošović-Stevanović, A., Maican, S., Muntean, A. (2022): Economic overview of the distribution channels used by Eastern European small farms for their agricultural products, *Agricultural Economics – Czech*, 68 (8), pp. 299-306 <https://doi.org/10.17221/168/2022-AGRICECON>
23. Saaty, T.L. (1987): The Analytic Hierarchy Process – What it is and How it is Used, *Math Modeling*, Vol. 9, No. 3-5, pp. 161-176
24. Song, Q., Zhao, S., Lam, I., Zhu, L., Yuan, W., Wang, C. (2019): Understanding residents and enterprises' perceptions, behaviors, and their willing to pay for resources recycling in Macau. *Waste Management*, Vol. 95, pp. 129–138. <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2019.06.009>
25. Sui, Y., Sun, Q., Zhu, X. (2024): Optimising Express Packaging Recycling: A Tripartite Evolutionary Game Modelling Government Strategies under Extended Producer Responsibility, *Environmental Technology & Innovation*, Elsevier, Vol. IV3, <https://doi.org/10.1016/j.eti.2023.103510>
26. Šostar, M., Ristanović, V. (2023a): Assessment of Influencing Factors on Consumer Behavior Using the AHP Model. *Sustainability* 2023a, 15, 10341.
27. Šostar, M., Ristanović V. (2023b): An Assessment of the Impact of the COVID-19 Pandemic on Consumer Behavior Using the Analytic Hierarchy Process Model. *Sustainability* 2023b, 15, 15104. <https://doi.org/10.3390/su152015104>
28. Talwar, S., Kaur, P., Yadav, R., Bilgihan, A., Dhir, A. (2021b). What drives diners' eco-friendly behaviour? The moderating role of planning routine, *Journal of Retailing and Consumer Services* Vol. 63, <https://doi.org/10.1016/j.jretconser.2021.102678>
29. Zhang, B., Lai, K., Wang, B., Wang, Z. (2018): Financial benefits from corporate announced practice of industrial waste recycling: Empirical evidence from chemical industry in China, *Resources, Conservation and Recycling*, Elsevier, Vol. 139, pp. 40-47, <https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2018.07.019>
30. Wang, H. (2020): Key factors influencing public awareness of household solid waste recycling in urban areas of China: A case study, *Resources, Conservation and Recycling*, Elsevier, Vol. 158, <https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2020.104813>

THE ROLE OF WASTE MANAGEMENT IN THE CIRCULAR ECONOMY USING THE AHP METHOD

Abstract: The growing awareness of the importance of waste management in the economy has become an important issue of sustainability in recent years. The circular economy implies a higher degree of success in waste management. The aim of this paper is to analyze waste management at the local level. The research is based on a questionnaire of 250 respondents of different age and levels of education. The results obtained from the survey will be part of scientific research papers that represent the result of the Circular awareness project co-financed by the Secretariat for Environmental Protection of the City of Novi Sad. A model has been developed that should enable much healthier and more sustainable environment. We made the decision on waste management factors based on multi-criteria decision-making (MCDM). We used the Analytical Hierarchy Process (AHP method) to evaluate the elements that influence better waste management at the local level, which citizens rated as crucial in order to protect the environment. The results showed that without the education of people and available capacities, it is not possible to achieve a sustainable environment. An important component is the social responsibility of individuals at the local level. In this way, we have opened up space for future analyzes that can include regression models, and evaluate relations between individual categories.

Keywords: CIRCULAR ECONOMY, WASTE MANAGEMENT, AHP METHOD