



ANALIZA MOGUĆNOSTI IMPLEMENTACIJE TRETMANA KOMUNALNOG OTPADA U REGIONU NOVI SAD

ANALYSIS OF THE POSSIBILITY OF IMPLEMENTATION OF MUNICIPAL WASTE TREATMENT IN THE NOVI SAD REGION

Derđ Nađivan, Dejan Ubavin, *Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad*

Oblast – ČISTE ENERGETSKE TEHNOLOGIJE

Kratak sadržaj – U ovom radu je analizana mogućnost implementacije tretmana komunalnog otpada u regionu Novi Sad. Dat je detaljan prikaz i opis tretmana otpada i načinima upravljanja otpadom. Dat je prikaz Regionalnog plana upravljanja otpadom za izabrani region. Upoređene su trenutne prakse tretmana otpada sa dve alternativne metode.

Ključne reči: *otpad, deponija, reciklaža, kompost, anaerobna digestija, insineracija*

Abstract – In this paper, the possibility of implementing municipal waste treatment in the Novi Sad region is analyzed. A detailed presentation and description of waste treatment and waste management methods is given. The presentation of the Regional Waste Management Plan for the selected region is given. Current waste treatment practices were compared with two alternative methods.

Keywords: *waste, landfill, recycling, compost, anaerobic digestion, incineration*

1. UVOD

Jedino biće na planeti koje stvara otpad je čovek. Problem komunalnog otpada je izražen u svim gradovima naše planete. Zbog povećanja količine i štetnosti po okolinu, otpad predstavlja jedan od najznačajnijih ekoloških problema savremenog sveta. Čovek svojim aktivnostima znatno doprinosi promeni životne sredine. Sve te aktivnosti povezuju se sa zadovoljavanjem životnih potreba. Veliki deo potreba stvoren je veštački, a pitanje je da li je neophodan toliki broj različitih proizvoda, koji nakon upotrebe postaje otpad. Proizvodi se sve više otpada, a ništa ne ukazuje na skore promene ove prakse. Međutim, zahvaljujući razvoju ekološke svesti i tehnološkom napretku, rešavanje problema otpada postaje sve uspešnije. Stvaranje otpada je rezultat ukupne ekonomske aktivnosti (stepen industrijskog razvoja, životnog standarda, načina života, socijalnog okruženja, potrošnje i dr.) svake države, što je srazmerno sa nacionalnom ekonomijom. Upravljanje otpadom je ključna komponenta očuvanja životne sredine i efikasne upotrebe resursa. Postoje različite opcije upravljanja otpadom koje se koriste širom sveta.

NAPOMENA:

Ovaj rad proistekao je iz master rada čiji mentor je bio dr Dejan Ubavin, red. prof.

2. UPRAVLJANJE OTPADOM U REGIONU NOVI SAD

Javno komunalno preduzeće "Čistoća" Novi Sad bavi se prikupljanjem, transportom i odlaganjem neopasnog otpada i održavanjem čistoće javnih površina u regionu Novi Sad, iz svih naseljenih mesta na teritoriji grada sa 100% pokrivenošću.

Postojeća deponija komunalnog otpada u Novom Sadu nalazi se na udaljenosti od oko 650 metara od najbliže individualne stambene jedinice i svega 150 metara od autoputa A1 i E75. Gradska deponija se nalazi severoistočno od naselja Klisa, 6 km od centra grada i služi za odlaganje otpada sa teritorije grada. Deponija je u funkciji od 1964. godine, ali je sistematsko punjenje deponije značajnim količinama otpada počelo 1980. godine. Gradska deponija je do 2000. godine funkcionisala kao delimično kontrolisana deponija. Područje deponije je bilo neograđeno, procedne i površinske vode su nekontrolisano oticale u podzemne i susedne vodotokove, a deponijski gas je bio zarobljen u telu deponije. S obzirom da su na lokaciji deponije delimično postavljene instalacije za zaštitu vazduha, zemljišta i vode od zagađivanja i da je samo delimično ograđena, nije u potpunosti izgrađena prema važećim propisima, dok kapija, obezbeđenje i pristupni put postoje na deponiji.

Od 2002. godine u sklopu kompleksa gradske deponije u funkciji je postrojenje za separaciju i baliranje otpada.

Postrojenje za kompostiranje zelenog otpada u gradu izgrađeno je u okviru JKP „Gradsko zelenilo“ Novi Sad. Kapacitet ovog kompostilišta je 5.000 tona zelene biomase godišnje, što je oko 17 tona kompostnog materijala dnevno.

U regionu na godišnjem nivou u 2023. godini generisalo se oko 207.360 tona komunalnog otpada.

Procenjena trenutna količina otpada koji se stvara u regionu je 568 t/dan. Taj iznos se donekle razlikuje od količine prikupljenog i odloženog otpada, zbog činjenice da mali deo teritorije nije pokriven službom prikupljanja otpada.

Prema projekciji iz regionalnog plana upravljanja otpadom, promene u sistemu upravljanja otpadom su sledeće:

- od 2026. godine, kada je planirano otvaranje regionalne deponije;
- do 2043. godine, u regionu će nastati ukupno 4.558.366 t komunalnog otpada;
- 2.736.451 t kompostiranog otpada će se koristiti za reciklažu i kompostiranje narednih 20 godina;

- na regionalnu deponiju će u narednih 20 godina biti odloženo oko 1.821.915 t otpada [1].

3. SOFTVER SWEET

SWEET je alatka zasnovana na Excel tabelama koja kvantifikuje emisije metana, crnog ugljenika i drugih zagađivača sa izvorom od komunalnog čvrstog otpada. Softver prikazuje emisije i procene smanjenja emisija na nivou projekta, izvora i opštine. Gradovi mogu da koriste ove informacije u više namena, uključujući:

- Uspostavljanje osnovnog scenarija;
- Upoređivanje čak četiri alternativna scenarija;
- Analiziranje specifičnih ideja ili projekata za potencijalno smanjenje emisija;
- Procena doprinosa aktivnosti u sektoru prikupljanja otpada sa ciljevima smanjenja emisija u gradu;
- Praćenje napretka tokom vremena.

SWEET je razvila Američka agencija za zaštitu životne sredine (EPA - U.S. Environmental Protection Agency) pod pokroviteljstvom Globalne inicijative za metan (GMI - Global Methane Initiative) i podrškom Koalicije za klimu i čist vazduh (CACC - Climate and Clean Air Coalition).

2011. godine program Ujedinjenih nacija za životnu sredinu (UNEP - The United Nations Environment Programme) i Svetska meteorološka organizacija (VMO - World Meteorological Organisation) otkrili su da bi lako dostupna rešenja koja ciljaju na jedinstvena poznata kao kratkotrajni zagađivači klime (SLCPs - short-lived climate pollutants) usporila stopu globalnog zagrevanja mnogo brže od delovanja samo na ugljen-dioksid. Ova rešenja bi takođe smanjila zagađenje vazduha, predstavljajući „dobitne“ rezultate za klimu, kvalitet vazduha i dobrobit ljudi u relativno kratkom vremenskom periodu.

U 2012. godini, prednost iskorišćenja ovakve prilike za smanjenje SLCPs-a i postizanje povezanih klimatskih i razvojnih koristi dovela je do akcije vlada Bangladeša, Kanade, Gane, Meksika, Švedske i Sjedinjenih Država, zajedno sa UNEP-om. Krenuli su zajedno da tretiraju kratkotrajne zagađivače klime kao hitan i kolektivni izazov. Zajedno su formirali CACC sa Sekretarijatom i poverničkim fondom čiji je vlasnik UNEP kako bi podržali brzu akciju i pružili koristi za klimu, javno zdravlje, energetska efikasnost i bezbednost hrane.

Od svog osnivanja, CCAC je podigao svest o potrebi da se deluje na ove zagađivače, kako bi ubrzao smanjenje stope zagrevanja u bliskoj budućnosti, unapredio nauku osnove i sproveo aktivnosti u sektorima emitovanih gasova kako bi dokazao izvodljivost dostupnih rešenja.

Uporan rad je doprineo brojnim prekretnicama u unapređenju SLCP akcije od 2012. godine, uključujući donošenje obavezujućih međunarodnih sporazuma kao što je Kigalijski amandman. Došlo je do brojnih doprinosa u ostvarivanju različitih srednjoročnih strategija UNEP-a i SDG-a, kao dobrog primera ujedinjenja [2].

4. ANALIZE SCENARIJA

4.1. Unos opštih podataka u softver

Prvo se unose podaci o lokaciji, stanovništvu i tekućoj godini. Tačan broj stanovnika iznosi 504.204.

Sledeći parametri koji se unose u tabelu softvera su prosečne godišnje padavine za izabrani region što iznosi 647,3 mm/god, kao i prosečna godišnja temperatura koja iznosi 11,4 °C.

Stopa proizvodnje otpada po glavi stanovnika iznosi 1,09 kg_{otpada}/dan po stanovniku.

Prosečna godišnja stopa rasta količine prikupljenog otpada je 0,86%.

Prosečna projektovana godišnja stopa rasta količine otpada je 1,68%.

Morfološki sastav otpada je prikazan u tabeli 1.

Tabela 1. *Morfološki sastav otpada generisanog na teritoriji Novog Sada [1]*

Kategorija otpada	Maseni udeo [%]
Otpad od hrane	30,35
Zeleni otpad	23,12
Drvo	0
Papir/Karton	9,96
Tekstil	3,89
Plastika	13,42
Metal	2,12
Staklo	3,19
Gume	4,14
Ostalo	9,81

Softver je izračunao količinu generisanog otpada prema unetim podacima i iznosi 200.598 t/god.

4.2. Trenutna praksa

Nakon unetih opštih podataka u softver, potrebno je uneti podatke o tokovima otpada za trenutnu praksu. Prilikom razgovora sa mentorom, naglašeno je, da se uglavnom reciklira PET ambalaža, bakar i aluminijum.

S obzirom da je ukupna količina godišnjeg generisanog otpada za region 200.598 t, i da se reciklira do 10% od navedene količine, u polje gde se definiše količina otpada koja se preusmerava na reciklažu, upisano je 20.000 t. PET ambalaža čini 6,59% od ukupnog generisanog otpada. Aluminijum, bakar i drugi metali (gvožđe, olovo, mesing...) čine 2,12%. Kao približne vrednosti za sastav otpada koji se reciklira, uneto je 80% plastike i 20% metala.

U regionu postoji postrojenje za kompostiranje zelenog otpada sa kapacitetom od 5.000 tona zelene biomase godišnje. Ove vrednosti su unete u odgovarajuće tabele u softveru.

4.3. Alternativni scenario 1 – model regionalnog plana upravljanja otpadom (reciklaža i kompostiranje)

Prvi alternativni scenario će biti model regionalnog plana upravljanja otpadom, što obuhvata reciklažu i kompostiranje. Prema projekciji iz regionalnog plana upravljanja otpadom od 2026. godine će se godišnje proizvesti 35.702 tone reciklabila, i 6.083 tona komposta, što predstavlja otprilike duplo više preusmerenog otpada na daljnje tretmane u poređenju sa trenutnom praksom. U polja gde se definišu dodatne metričke tone koje se šalju na

daljnji tretman, upisuje se 5.000 t/god za kompostiranje i 20.000 t/god za reciklažu. U praksi se kompost proizvodi od zelenog otpada, pa je sastav otpada preusmeren na kompostiranje 100% zeleni otpad.

4.4. Alternativni scenario 2 (insineracija)

Nakon unetih podataka o modelu regionalnog plana upravljanja otpadom, potrebno je uneti i podatke za ostala alternativna scenarija. Analiziraće se još dva alternativna scenarija. Prvo se analizira insineracija.

U polje gde se definišu dodatne metričke tone otpada koje se godišnje isporučuju u objekat u poređenju sa uobičajenim poslovanjem se upisuje 149.267 tona, dok morfološki sastav softver sam proračunava.

4.5. Alternativni scenario 3 (Anaerobna digestija)

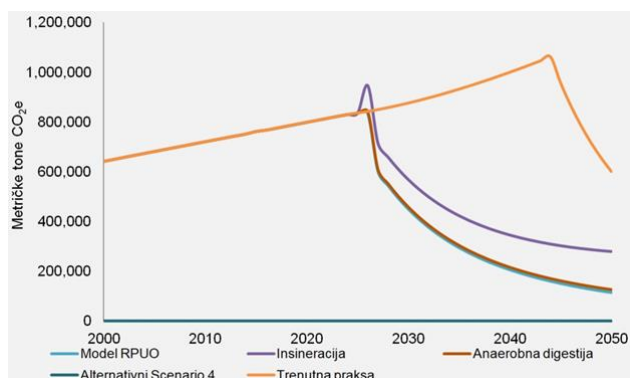
Treći alternativni scenario je anaerobna digestija, sa istom početnom godinom preusmeravanja otpada kao i kod prethodna dva scenarija.

U ovom scenariju će se na daljnji tretman preusmeravati sav otpad od hrane. Godišnje se generiše 60.881 tona ovakvog otpada.

4.6. Upoređivanje emisija po scenarijima

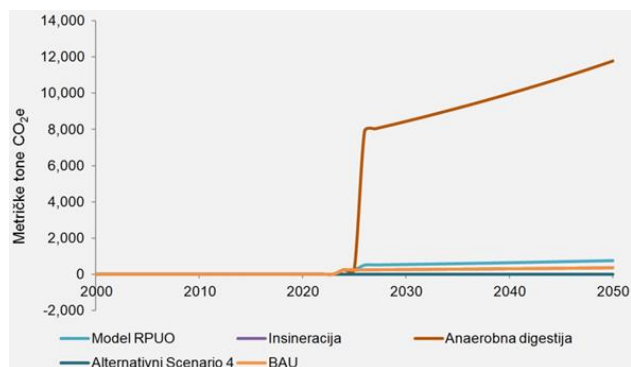
Nakon unetih svih neophodnih podataka u softver SWEET, softver analizira i upoređuje emisije po scenarijima.

Na grafiku 1 je prikazano poređenje ukupnih emisija po scenarijima uključujući CO₂, BC (black carbon – crni ugljenik), CH₄ i organski ugljenik. Kod trenutne prakse nema značajnih promena do 2043. godine kada je planirano zatvaranje deponije. Kod ostalih alternativnih scenarija se vidi značajno smanjenje emisija. Najznačajniji pad emisija je kod modela regionalnog plana upravljanja otpadom, koji predstavlja reciklažu i kompostiranje. Približne su vrednosti i kod anaerobne digestije, dok su kod insineracije povećane emisije u odnosu na prva dva scenarija.



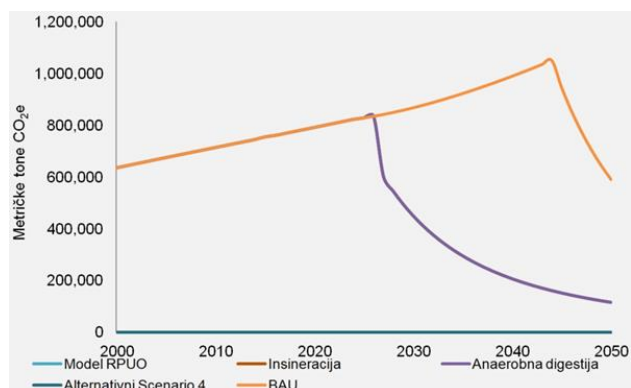
Grafik 1. Ukupne emisije po scenarijima uključujući CO₂, BC, CH₄ i organski ugljenik (snimak ekrana)

Grafik 2 prikazuje emisije NO₂ po scenarijima koje potiču od upravljanja organskim otpadom. Kod insineracije su ove emisije zanemarljive. Kod kompostiranja i reciklaže su veoma male emisije azot-dioksida, dok su kod anaerobne digestije izraženije. Azot dioksid nije gas sa efektom staklene bašte, ali je jedan od glavnih zagađivača vazduha i ima negativan uticaj na respiratorni system kod ljudi.



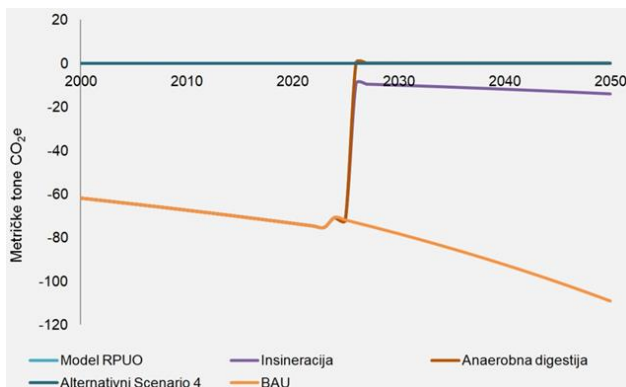
Grafik 2. Emisije NO₂ po scenarijima koje potiču od upravljanja organskim otpadom (snimak ekrana)

Na grafiku 3 je prikazano poređenje emisija metana po scenarijima kroz vreme. Linija koja označava emisiju metana kod trenutne prakse je slična kao u grafiku 1, gde su prikazane ukupne emisije. Prilikom reciklaže se ne oslobađa metan. Insineracijom se spaljuje organski otpad, pa samim tim se metan ne emituje. Kod anaerobne digestije se metan namenski proizvodi u kontrolisanim uslovima, nakon čega se koristi se kao energent, pa samim tim dolazi do značajnih smanjenja emisija.



Grafik 3. Poređenje emisija metana po scenarijima kroz vreme (snimak ekrana)

Grafik 4 predstavlja poređenje emisija organskog ugljenika po scenarijima kroz vreme. Na grafiku se vidi, da emisija organskog ugljenika kod trenutne prakse ima negativnu vrednost koja dodatno opada. Ova vrednost opada prvenstveno zbog vezivanja ugljenika za zemlju. Zemljišta sa visokim sadržajem ugljenika su produktivnija i efikasnije prečišćavaju i filtriraju vodu. Kod insineracije se otpad organskog porekla spaljuje, pa se mala količina ugljenika vezuje za zemlju. Kod reciklaže i kod anaerobne digestije nema značajnih emisija organskog ugljenika.



Grafik 4. Poređenje emisija organskog ugljenika po scenarijima kroz vreme (snimak ekrana)

5. ZAKLJUČAK

Analizirajući postojeće stanje upravljanja otpadom, jasno je da region stoji pred velikim izazovima ali i mogućnostima za unapređenje.

Analizirajući rad, jasno je da za upravljanje otpadom i eventualnog smanjenja količine generisanog otpada, podizanje svesti građana je od presudnog značaja. Samim tim bi se rešio i problem stvaranja divljih deponija. Građani bi takođe znatno doprineli ukoliko bi se u domovima vršila separacija otpada. U analiziranom regionu je podizanje svesti građana u početnoj fazi.

Broj stanovnika u Novom Sadu raste, dok u okolnim ruralnim sredinama opada. U ruralnim sredinama se generiše znatno manje otpada, jer se više koriste domaći proizvodi bez pakovanja, a organski otpad se koristi kao đubrivo za zemljište. Takođe razvijanjem grada i povećanjem standarda stanovnika, raste i količina generisanog otpada u regionu.

Sakupljanje i transport otpada u regionu je dobro organizovano, međutim Gradska deponija i tretman otpada su i dalje u fazi razvijanja. Od 2002. godine otvoreno je prvo postrojenje za separaciju i baliranje otpada, a plan je da Gradska deponija bude regionalna sanitarna deponija do 2026. godine, na kojoj će se vršiti reciklaža i kompostiranje otpada.

U radu su se uporedila 3 alternativna scenarija pored trenutne prakse. Prvo se analizirala reciklaža sa kompostiranjem. Drugi alternativni scenario je bila insineracija, a treći anaerobna digestija. Svaki način zbrinjavanja otpada ima svoje prednosti i mane. Kod anaerobne digestije nema emisije ugljenika ali se javlja emisija NO₂, dok na primer kod insineracije nema emisije NO₂, ali dolazi do emisije crnog ugljenika.

Iako ni jedan način zbrinjavanja otpada nije idealan, iz perspektive održivog razvoja, pored ekonomskih i ekoloških prednosti, svaki je ključna komponenta u ciklusu upravljanja otpadom koja može doprineti zatvaranju materijalnih tokova i smanjenju ukupnog ekološkog otiska.

Model regionalnog plana upravljanja otpadom je dao najbolje rezultate od analiziranih scenarija. Prilikom reciklaže sa kombinacijom kompostiranja se smanjuje volumen otpada i na adekvatan način se zbrinjava organski zeleni otpad. Proizvode se sekundarne sirovine, kao i đubrivo za zemljište. Pored toga, osim minimalnih emisija

NO₂, ne emituje se metan, kao ni ugljenik ni u kakvom obliku.

Svaki od ovih tokova nudi potentne benefite kao što su smanjenje volumena otpada i smanjenje uticaja na okolinu usled smanjenja otpada koji se odlaže na deponije. Pored toga predstavljaju ekonomske prednosti stvarajući sekundarne sirovine, energente ili đubrivo za zemljište.

U svetlu globalnih izazova kao što su klimatske promene i smanjenje prirodnih resursa, održivo upravljanje otpadom zahteva sveobuhvatni pristup i kontinuirana istraživanja.

6. LITERATURA

- [1] LPUO. 2023. Lokalni plan upravljanja otpadom za grad Novi Sad za period 2023-2032. godine. Službeni list grada Novog Sada. 2023. Novi Sad
- [2] SWEET. 2024. O nama. (<https://www.ccacoalition.org/resources/solid-waste-emissions-estimation-tool-sweet>) (pristupljeno aprila 2024.)

Kratka biografija:



Derd Nadićan rođen u Zrenjaninu 1997. god. Master rad na Fakultetu tehničkih nauka iz oblasti Energetske tehnologije – Čiste energetske tehnologije odbranio je 2024.god. kontakt: ndjusi@gmail.com



dr Dejan Ubavin rođen je u Novom Sadu 1980. god. Doktorirao je na Fakultetu tehničkih nauka 2012. god, a od 2022. ima zvanje redovni profesor. Oblast interesovanja je upravljanje otpadom.