

СЕЗОНСКЕ ВАРИЈАЦИЈЕ У СТРУКТУРИ КОМУНАЛНОГ ЧВРСТОГ ОТПАДА – СТУДИЈА СЛУЧАЈА ГРАДА НИША

Горан Радоичић¹, Драган Николић, Небојша Ристић

Резиме: Радом је представљено истраживање морфолошког састава комуналног отпада који је генерисан у граду величине око 250.000 становника. Анализиран је систем управљања отпадом у граду Нишу. Посебна пажња посвећена је утицају годишњих доба на састав комуналног отпада. Уочене су специфичности сезона условљене културним миљеом и понашањем становништва. Поред сезонских варијација у структури отпада, утврђене су и одређене разлике које су условљене макроекономским променама и осцилацијама животног стандарда грађана. Истраживање показује да је Ниш трећи град према највећим количинама генерисаног отпада, и налази се иза Београда и Новог Сада. Интересантан налаз у истраживању односи се на пораст доминације једне од фракција – пластике која има добру топлотну моћ али и негативан утицај на животну средину. Анализа показује да је масени утицај пепела незанемарљив у комуналном отпаду, што указује на проблем широког коришћења фосилних горива у индивидуалним системима грејања код становништва.

Кључне речи: комунални отпад, сакупљање отпада, морфолошки састав, сортирање отпада, екологија

SEASONAL VARIATIONS IN THE STRUCTURE OF MUNICIPAL SOLID WASTE - CASE STUDY OF THE CITY OF NIŠ

Abstract: The research on the morphological composition of municipal waste generated in the city in size around 250,000 inhabitants is shown in this paper. The waste management system in the city of Niš was analyzed. Special attention is paid to the influence of the seasons on the composition of municipal waste. Certain seasonal specificities which are conditioned by cultural mile and the behavior of the population were observed. In addition to seasonal variations in waste structure, certain differences that are conditioned by macroeconomic changes and oscillations of living standards of citizens have been established. The research shows that Nis is the third city according to the largest generated amounts of municipal waste, and is located behind Belgrade and Novi Sad. An interesting finding in the research refers to an increase in domination of one of the fractions - plastics, which has good heat power, but also a negative impact on the environment. The analysis shows that the impact of ash mass in municipal waste is non-negligible, indicating the problem of wide use of fossil fuels in individual heating systems in the population.

Key words: municipal solid waste, waste collection, morphological composition, waste sorting, ecology

1. УВОД

Начелом хијерархије, према закону [1], одређен је редослед приоритета у управљању отпадом. На врху приоритета налази се превенција која подразумева смањење стварања отпада. На крају хијерархије је одлагање отпада, којим се завршава животни циклус неког производа. Да ли се у пракси поштује начело хијерархије из закона [1]? Какав је тренд генерисања комуналног отпада последњих година код нас? Одговоре на ова и још нека питања у вези са управљањем отпадом добићемо овим истраживањем. Суштину истраживања чини његов практични део – мерење масе сакупљеног отпада и фракција отпада. Узорковање отпада вршено је периодично – једном у току сваког годишњег доба током више година, од 2011. до 2018. Узорак је формиран из недељне количине сакупљеног комуналног отпада.

2. МЕТОДЕ МЕРЕЊА ОТПАДА

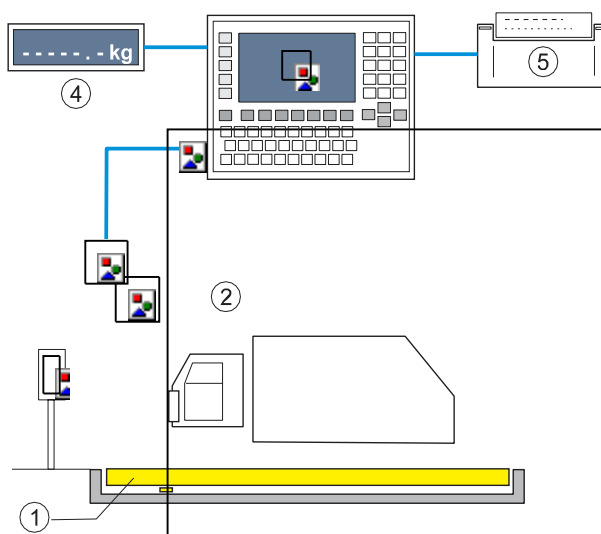
Један од начина за утврђивање количина отпада је непосредно мерење масе/тежине при преузимању отпада из домаћинства и утовару у комунално возило, [2], [3]. Реч је о мерењу

¹ Универзитет „Унион-Никола Тесла“, Факултет примењених наука, Ниш, Д. Поповића 22а, goran.radoicic@fpm.rs

КОНФЕРЕНЦИЈЕ СА МЕЂУНАРОДНИМ УЧЕШЋЕМ

38. Конференција одржавалаца Србије и 1. Конференције напредне технологије у функцији развоја привреде, Врњачка Бања, 01.06. – 03.06. 2022. године

отпада на месту сакупљања и то при појединачном пражњењу посуда за отпад (канте, контејнера и слично). Овај начин подразумева индиректно мерење количине отпада као разлике између измерене пуне и празне посуде за отпад. Инсталирањем посебног мерног система на возилу стварају се услови за наплату накнаде за извршену услугу сакупљања отпада по килограму. Други начин утврђивања количине отпада подразумева мерење масе возила, и то пуног и празног, при чему разлика ових двеју величина чини масу отпада (Слика 1) [4]. Сабирањем маса отпада из свих возила, било да је реч о мешовитом комуналном отпаду или посебним токовима отпада, добиће се укупно генерисана количина отпада на неком локалном нивоу, тј. у једном граду, на основу које се затим може утврдити и количина отпада по глави становника. Сличан модел мерења примењен је у овом истраживању на локалном систему сакупљања отпада у граду Нишу. Систем мерења у овој анализи примењен је на ток сакупљања мешовитог комуналног отпада без претходне селекције и посебан ток сакупљања амбалажног отпада са примарном селекцијом, који је местимично примењен на територији града.



Слика 1 - Терминал за мерење тежине камиона са on-line PC интерфејсом

3. МЕТОДОЛОГИЈА ИСПИТИВАЊА

Према Правилнику о методологији за прикупљање података о саставу и количинама комуналног отпада на територији јединице локалне самоуправе [5], анализа састава отпада врши се на узорку отпада из различитих категорија становања (стамбеним зонама) и то у: градској зони индивидуалног становања, градској зони колективног становања и сеоској зони. Градску зону индивидуалног становања чине појединачни стамбени објекти са двориштем, а градску зону колективног становања насеља са блоковским распоредом вишеспратница. Сеоска зона је рурално ванградско подручје разуђеног типа становања.

Сезонски приступ у анализи показаше нам да ли постоје и колике су варијације у структури отпада, а које су изазване променама годишњег доба. Узимање узорка на територији града Ниша, у периоду од 2011. до 2018., извршено је током једне седмице у сваком годишњем добу и обухватило је све три зоне становања. На овај начин обезбеђена је репрезентативност узорка у смислу обухвата довољног броја корисника услуге сакупљања отпада, јер се свим корисницима у систему организованог сакупљања отпада на територији града Ниша ова услуга изврши најмање по једном у току седмице. Практично, то значи да је експериментално испитивање структуре отпада вршено четири пута у току једне календарске године, и то у трајању од седам дана узастопно. Транспорт узорка вршен је од места сакупљања до локације за мерење и сортирање. Сваки пут је вршено мерење масе тако добијеног узорка. Маса појединачних

КОНФЕРЕНЦИЈЕ СА МЕЂУНАРОДНИМ УЧЕШЋЕМ

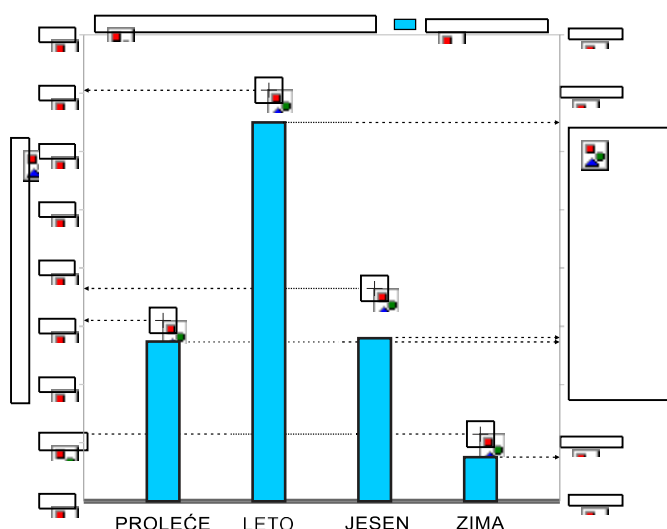
38. Конференција одржавалаца Србије и 1. Конференција напредне технологије у функцији развоја привреде, Врњачка Бања, 01.06. – 03.06. 2022. године

сезонских узорака отпада износила је између 1.000 и 1.500 kg. Испитивање количина отпада извршено је експериментално и калкулативно.

Након мерења узорака, приступило се сортирању отпада по фракцијама, а затим и мерењу масе појединачних фракција. Сортирање и мерење сваког узорка извршено је на дан сакупљања како би се искористила постојаност масе сакупљеног отпада и тако остварила задовољавајућа методолошка тачност мерења. Количина сваке фракције отпада посматрана је у односу на укупну количину узорка. Тако пондерисане количине сваке од фракција отпада по глави становника екстраполацијом су пројектоване на укупну градску популацију од 253.900 становника, што је представљало годишњу просечну вредност.

4. МАСА ГЕНЕРИСАНОГ ОТПАДА

Комунални отпад у граду Нишу генерише се у домаћинствима као мешовити комунални и отпад из посебних токова. У мањем делу града организован је посебан ток сакупљања амбалажног отпада, што подразумева претходно разврставање комуналног отпада на две фракције – суву (амбалажни) и мокру (органиски отпад). У већем делу града врши се сакупљање неразврстаног комуналног отпада. Прво ћемо анализирати узорак мешовитог комуналног отпада, при чему су количине отпада генерисаног у све три зоне становања обједињене како би се дошло до укупних количина на нивоу града. На Слици 2, која даје 8-годишњи просек (период 2011-2018. год.) генерисања отпада по годишњим добима, видимо да се највећа количина отпада ствара у летњој, а најмања у зимској сезони. Летња количина отпада по глави становника (кружић) износи у просеку 0,781 kg дневно, док је зимска 0,663 kg. То значи да је летња количина отпада у масеној вредности већа за 18% у односу на зимску. Ако упросечимо резултате из свих сезона, добићемо да један становник града Ниша генерише 0,715 kg комуналног мешовитог отпада током једног дана, што на годишњем нивоу износи 261 kg. Ако дневне сезонске (за пролеће, лето, јесен и зиму) масе генерисаног отпада по глави становника са Сlike 2 помножимо са бројем становника (просечним бројем становника у сезони у посматраном периоду од осам година) и дана у години, добићемо укупне количине генерисаног отпада на нивоу града које су на дијаграму обележене стубићима. Те четири сезонске вредности даће нам просечну годишњу количину отпада на нивоу града у маси од 66.394 t.



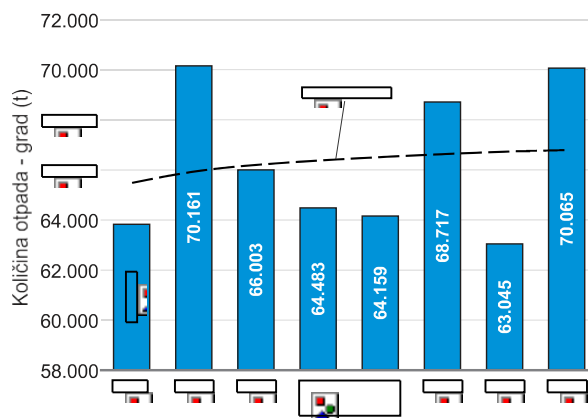
Слика 2 - Сезонске количине генерисаног комуналног отпада; Град Ниш, 2011.-2018.

На Слици 3 приказане су количине комуналног отпада у тонама, створене у граду Нишу у току сваке године из посматраног периода (стубићи). Количине отпада израчунате су екстраполацијом утврђених јединичних вредности из узорка. Испрекиданом кривом приказан је

КОНФЕРЕНЦИЈЕ СА МЕЂУНАРОДНИМ УЧЕШЋЕМ

38. Конференција одржавалаца Србије и 1. Конференције напредне технологије у функцији развоја привреде, Врњачка Бања, 01.06. – 03.06. 2022. године

тренд у стварању отпада. У начелу, може се говорити о благом порасту генерисаних количина, што се може објаснити незнатним растом стандарда грађана у последње три године. Резултат добијен за 2017. годину није у потпуности репрезентативан јер испитивање није вршено у летњем кварталу те године. Летња сезона је период највећег генерисања комуналног отпада, па би укључивањем и овог узорка отпада, тренд раста са Сlike 3 вероватно био још израженији.



Слика 3 - Годишње количине комуналног отпада у Граду Нишу

Процењена маса отпада генерисана по глави становника биће незнатно промењена (за нешто мање од 3%) уколико се у калкулацију укључи и количина комуналног отпада генерисаног путем посебних токова. Овде се, пре свега, мисли на токове амбалажног отпада у домаћинствима и стакленог отпада на јавним површинама. Град Ниш је на делу своје територије (не у целости) организовао посебан ток сакупљања амбалажног или тзв. сувог отпада из домаћинства, са циљем развијања свести код грађана о потреби вршења примарне селекције отпада на фракције као што су: папир, картон, пластика, стакло и алу/мет амбалажа. У ову сврху, град и матично комунално предузеће укључили су 18000 посуда запремине 120 l. Поред тога, на територији града постављено је и 50 контејнера запремине 1,2 m³ за стаклену амбалажу. Овде се треба осврнути на један значајан проблем, а то је неадекватно коришћење посуда за амбалажни отпад. Наиме, у посудама предвиђеним за одвојено сакупљање амбалажног отпада, поред свих дозвољених рециклабилних фракција често се налазе и знатне количине органског отпада. Количина тог нежељеног садржаја у посудама за амбалажни отпад на годишњем нивоу у просеку износи око 800 t. Такав отпад касније заврши на депонији, што проузрокује додатне трошкове транспорта.

На бази израчунатих процентуалних масених удела у мешовитом комуналном отпаду, на Слици 4 дате су процењене вредности укупне годишње продукције сваке од фракција у тонама. Маса отпада из посебних токова су измерене и упросечене на годишњем нивоу.

Naziv frakcije	Mešoviti otpad	Posebni tokovi	Ukupno (t/god)
Organski otpad	25.229	800	26.029
Papir/karton	6.639	402	7.041
Plastika (sva)	13.279	273	13.552
Staklo	2.656	139	2.795
Kompoziti	1.992	25	2.017
Metal	1.328	108	1.436
Tekstil	1.992	0	1.992
Pelene	2.656	0	2.656
Fini elementi	10.623	0	10.623
Ostali otpad	0	13	13
Ukupno (t/god)	66.394	1.760	68.154

Слика 4 - Количине отпада по фракцијама

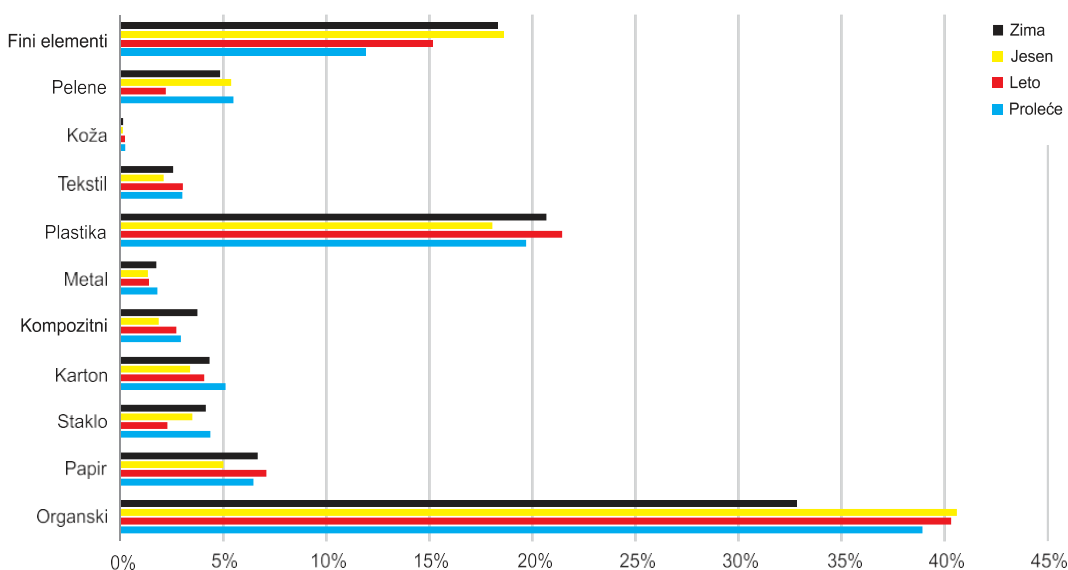
КОНФЕРЕНЦИЈЕ СА МЕЂУНАРОДНИМ УЧЕШЋЕМ

38. Конференција одржавалаца Србије и 1. Конференција напредне технологије у функцији развоја привреде, Врњачка Бања, 01.06. – 03.06. 2022. године

На основу измерених маса комуналног отпада из оба тока и познатог броја становника, можемо израчунати да **један становник града Ниша у просеку продукује 0,74 kg дневно или 268,4 kg годишње отпада.**

5. АНАЛИЗА ФРАКЦИЈА ОТПАДА

Број фракција отпада у анализи мањи је од броја из каталога сортирања јер су обједињени баштенски са осталим биоразградивим отпадом у „органски“ отпад, метална амбалажа са алуминијумском амбалажом у „метал“ и ПЕТ-амбалажа са пластичном фолијом и тврдом пластиком у „пластику“. На Слици 5 можемо утврдити релативно масено учешће тако дефинисаних фракција у узорку отпада и то по сезони. Видимо да количински доминирају три фракције и то: органски отпад, пластични отпад и фини елементи. Фини елементи су остаци отпада који могу проћи кроз филтер густине 20 mm, а најчешће су то: прашина, pepeo, песак, земља, делићи стакла и слично. Композитни материјали (тетрапак) представљају амбалажни отпад који се састоји од најмање две компоненте (нпр. картон+алуминијум, картон+восак и слично). Органски отпад варира од 33% у зимској до 41% у јесењој и летњој сезони. Укупан пластични отпад чини другу доминантну фракцију комуналног отпада са масеним уделом од 20%. Пластични отпад се највише геерише лети (до 22%), а најмање у јесен (око 18%). На трећем месту је група тзв. финих елемената са приближно 16% масеног удела у отпаду.



Слика 5 - Сезонске варијације у структури комуналног отпада

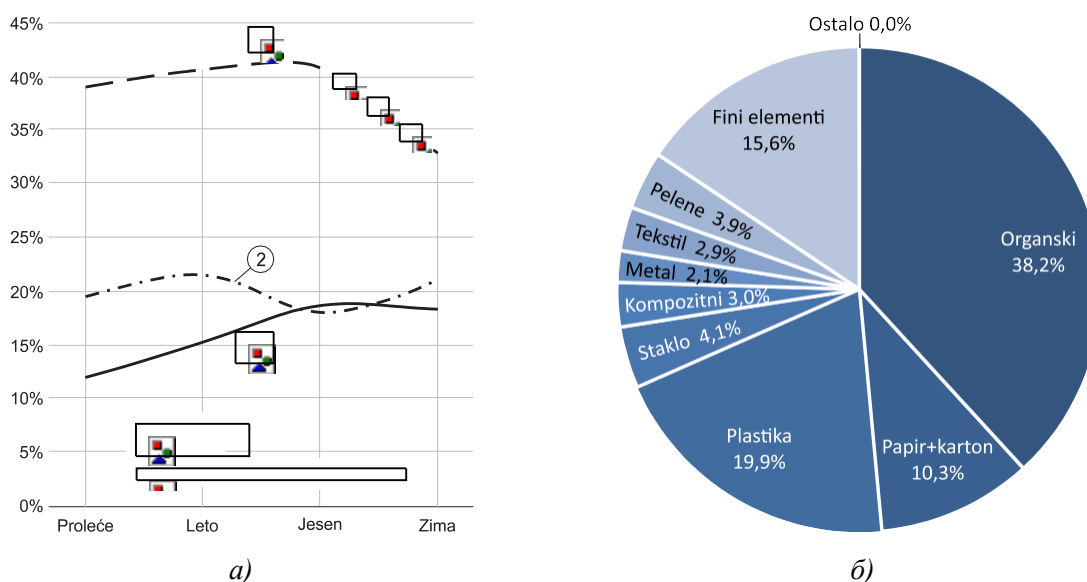
Закључујемо да постоји утицај годишњег доба на генерисање отпада, али се не може усвојити општа дефиниција „понашања“ фракција отпада. На Слици 6-а видимо сезонске варијације трију најчешћих фракција комуналног отпада. Органски отпад (испрекидана крива) и фини елементи (пуна крива) прилично зависе од годишњег доба. Масени удео органског у укупном отпаду мањи је зими него у осталим периодима, док је удео финих елемената значајно већи у грејној сезони (јесен-зима). Пластични отпад (крива црта-тачка-црта) скоро да и не зависи од сезоне јер његово генерисање варира у малом распону од 18-22% током године. Податке о појединим фракцијама отпада, а пре свега, отпадном папиру, картону и ПЕТ амбалажи треба узети са резервом јер су њихови токови нешто другачији и делимично зависе од неформалних сакупљача. Један део ових фракција је претходно издвојен и не учествује у овим анализама структуре комуналног отпада. Претпоставка је да би се укључивањем и ових

КОНФЕРЕНЦИЈЕ СА МЕЂУНАРОДНИМ УЧЕШЋЕМ

38. Конференција одржавалаца Србије и 1. Конференције напредне технологије у функцији развоја привреде, Врњачка Бања, 01.06. – 03.06. 2022. године

количина делимично променила слика састава отпада у смислу повећања масеног удела папира, картона и пластике за укупно 10%.

Морфолошки састав комуналног отпада са слике 6-б одређен је на годишњем нивоу осредњавањем четири сезонске вредности за сваку од фракција и додавањем количина из посебних токова. Изражену доминацију, која се мери релативним учешћем већим од 10% на годишњем нивоу, у односу на остале категорије имају: органски отпад, пластични отпад, фини елементи и фракција папир + картон. Органски отпад садржи остатке хране биљног и животињског порекла и баштенски отпад у домаћинствима, па тако чини количински најзначајнију фракцију комуналног отпада са уделом од 38%. Ако би се органском отпаду, или отпаду који се директно одлаже на депонију, додао и један део финих елемената, онда би се његов удео повећао до 45%. Пластични отпад са својим 20-процентним учешћем у укупној маси отпада представља фракцију која узима највећу запремину, тј. која се одликује великом запремином и малом масом. Треће место финих елемената указује на велику употребу чврстих горива (угља итд.) у домаћинствима, па се као остатак јавља доста пепела и угљене прашине. Количина отпадне коже је готово занемарљива.



Слика 6 - а) Сезонске варијације масених удела највећих фракција у комуналном отпаду; б) Морфолошки састав комуналног отпада - годишњи масени удео фракција

Вишегодишње праћење количина комуналног отпада, било мешовитог или из посебних токова, омогућује нам процену трендова у генерисању појединих фракција. На Слици 7 дата је процена трендова за 6 изабраних (највећих) фракција комуналног отпада. Ради једноставнијег приказа и доношења закључака, линеарном функцијом извршена је апроксимација трендова на основу измерених вредности удела сваке од фракција у укупној маси комуналног отпада.

Посматрајући Слика 7 закључујемо:

- генерисање органског отпада је у опадању (линија 1), што говори о бољем искоришћењу намирница биљног и животињског порекла у исхрани грађана;
- коришћење свих врста пластике (ПЕТ, фолија, кесе, ХДПЕ, ПП) је готово непромењено у дужем временском периоду (линија 2);
- примећује се изванредан пораст стандарда грађана на шта указује и тренд смањења количине пепела (у групи финих елемената, линија 3), јер један број грађана прелази са чврстих горива на друге енергенте за потребе грејања;

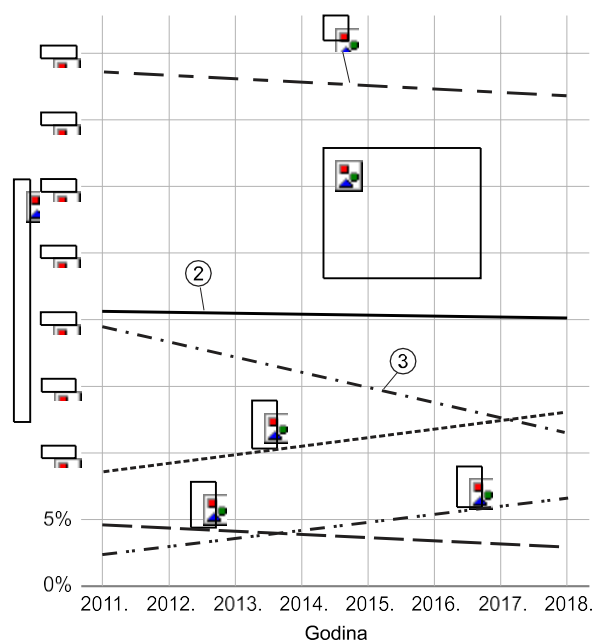
КОНФЕРЕНЦИЈЕ СА МЕЂУНАРОДНИМ УЧЕШЋЕМ

38. Конференција одржавалаца Србије и 1. Конференција напредне технологије у функцији развоја привреде, Врњачка Бања, 01.06. – 03.06. 2022. године

- папирни (и картонски) отпад је у сталном порасту (линија 4), пре свега због све већег присуства разноврсне папирне амбалаже;
- стаклена амбалажа (линија 5) се мање користи јер је у многим случајевима замењена лименкама и ПЕТ амбалажом;
- примећује се све веће коришћење папирних пелена (Памперс итд.) уместо памучних (линија 6).

6. ИСКУСТВА ДРУГИХ ГРАДОВА

Каква је ситуација у другим градовима у Србији када је у питању генерисање комуналног отпада? Департман за инжењерство заштите животне средине новосадског Факултета техничких наука извршио је сличну анализу, [6], која је обухватила неколико градова у Србији са врло различитим бројем становника. Анализом [6] обухваћен је период од пролећа 2008. до пролећа 2009. Извод из истраживања [6] приказан је на Слици 8 тако што су упросечени резултати сезонских испитивања количина отпада.



Слика 7 - Линеаризација трендова генерисања појединих фракција комуналног отпада-

Резултати анализе из овог рада обухватају знатно дужи временски период испитивања (2011.-2018.) што значи да је извршен већи број тестирања узорака у различитим сезонама. Ако на Слици 8 прикажемо и ове нове резултате као „Ниш – ново“, град Ниш би се по количини отпада и даље налазио „између“ Београда и Крагујевца, а иза Београда и Новог Сада.

Grad	Masa otpada po glavi stanovnika (kg)	
	Dnevno	Godišnje
Novi Sad	1,16	423,4
Beograd	1,08	394,2
Niš - novo	0,74	268,4
Niš	0,73	266,4
Kragujevac	0,70	255,5
Sombor	0,67	245,6
Šabac	0,59	215,4

Слика 8 – Количине отпада у градовима

КОНФЕРЕНЦИЈЕ СА МЕЂУНАРОДНИМ УЧЕШЋЕМ

38. Конференција одржавалаца Србије и 1. Конференције напредне технологије у функцији развоја привреде, Врњачка Бања, 01.06. – 03.06. 2022. године

7. ЗАКЉУЧАК

Град Ниш, са својих 0,74 kg комуналног отпада по глави становника у једном дану, налази се испод републичког просека, имајући у виду извештај SEPA за период 2011-2017. према коме средња вредност масе комуналног отпада, који се затим одлаже на депонију, по становнику износи 0,84 kg. Обадва податка не обухватају отпад сакупљен од стране неформалних сакупљача или одложен на дивљим депонијама. Процењује се да тај део износи десет, па чак и до 20%.

Ниш, као и други наши градови, доприноси да се Србија и даље налази у доњем делу списка земаља Европе према највећој маси генерисаног комуналног отпада по глави становника. Са друге стране, количине рециклираног и енергетски искоришћеног отпадног материјала код нас и даље су занемарљиве, за разлику од земаља које су велики генератори отпада, али и најбољи рециклери, попут Немачке, Швајцарске, Данске и Норвешке. Подаци о отпаду доступни су јавно на већем броју веб адреса, на пример [7].

Цена рециклираног папира и пластичних маса знатно је опала због засићености тржишта. Из данашње перспективе, сакупљање ових отпадних материјала као и отпадног стакла, које већ традиционално има ниску откупну цену, за потребе прераде ради поновне употребе није исплативо. Зато треба размотрити могућност употребе свих сировинских материјала са задовољавајућом калоријском вредношћу за производњу „зелене“ топлотне енергије. Када су у питању не тако исплативе фракције отпада на тржишту, које се не могу искористити за добијање других бенефита (нпр. стакло), требало би на стратешком нивоу управљања комуналним отпадом планирати и додатно стимулисање оператера.

Количина генерисаног органског отпада из мешовитог комуналног отпада је велика, али постаје још већа ако се узме у обзир и биоразградиви отпад из процеса одржавања јавних зелених површина и још неких процеса (градска гробља, тржнице) који се одвијају својим засебним токовима. На пример, укупна запремина биоразградивог отпада (покошена трава, опало лишће, увеле стабљике, орезане гране) који се сакупи на територији града Ниша у оквиру одржавања зелених површина износи око 8.000 m³ на годишњем нивоу. С обзиром на ову чињеницу, увођење неке од технологија производње биогаса или компостирања [8], има потпуно оправдање.

Количина пепела, који се у овој анализи налази у групи финих елемената, и даље је забрињавајућа јер указује на веома мали степен интересовања грађана за решавање еколошких проблема у својој средини. Из појединачних економских интереса, грађани се превасходно опредељују за системе грејања на чврста горива, па прелазак на еколошки прихватљива енергетска решења, што иначе припада приоритетним циљевима развоја државе, још увек представљају веома спор процес. Неопходне су повољније и доступније субвенције за набавку опреме или увођење система за загревање индивидуалних објеката, који ће користити неке од тзв. извора „зелене“ или „чисте“ енергије (соларни панели, гасни котлови, топлотне пумпе итд.).

8. ЛИТЕРАТУРА

- [1] Закон о управљању отпадом („Сл. гласник РС”, бр. 36/09, 88/10, 14/16, 95/18).
- [2] Радоичић, Г.; Јовановић, М; Арсић, М.: Experience with an On-board Weighing System Solution for Heavy Vehicles, *ETRI Journal*, 38(4), 2016, стр. 787-797.
- [3] Радоичић, Г.; Јовановић, М.; Благојевић, Б., Војиновић, М.: RC Vehicle Fleet E-monitoring in Practice and Future, *Proceedings of the XXIII Int. Conf. MHCL '19*, Vienna, 2019.
- [4] SysTec GmbH, *Weighing Terminals for Scales and Systems*, 2020, <https://www.systemecnet.com/>
- [5] Правилник о методологији за прикупљање података о саставу и количинама комуналног отпада на територији јединице локалне самоуправе („Сл. гласник РС“, бр. 61/10).
- [6] Вујић, Г. и други: *Утврђивање састава отпада и процене количине у циљу дефинисања стратегије управљања секундарним сировинама у склопу одрживог развоја Републике Србије*, Пројекат, Универзитет у Новом Саду, Департаман за инжењерство заштите животне средине Факултета техничких наука, Нови Сад, 2009.

КОНФЕРЕНЦИЈЕ СА МЕЂУНАРОДНИМ УЧЕШЋЕМ

38. Конференција одржавалаца Србије и 1. Конференција напредне технологије у функцији развоја привреде,
Врњачка Бања, 01.06. – 03.06. 2022. године

[7] <https://www.energetskiportal.rs/>

[8] Милосављевић, П., Добромиров, Д.: *Анализа исплативости сакупљања и прераде биоразградивог отпада*, Елаборат бр. 612-22-89/18, Универзитет у Нишу, Машински факултет, Ниш, 2018.