

## **Društveni, ekonomski i ekološki aspekti tranzicije linearne u cirkularnu ekonomiju na primeru prerade otpada od hrane**

### **Social, economic and ecological aspects of the transition of linear to circular economy on the example of food waste processing**

*Darko Radosavljević<sup>1</sup>, Milica Stojković<sup>2</sup>, Sonja Josipović<sup>3</sup>, Ana Slavković<sup>4</sup>, Ana Popović<sup>5</sup>, Maja Đolić<sup>6\*</sup>*

<sup>1,2,3,6</sup>Univerzitet u Beogradu, Tehnološko-metalurški fakultet, Karnegijeva 4, Beograd, Srbija /  
University of Belgrade, Faculty of Technology and Metallurgy, Belgrade, Serbia

<sup>4</sup>Akademija tehničko umetničkih strukovnih studija, Starine Novaka 24, Beograd, Srbija /  
Academy of technical and art applied studies, Starine Novaka 24, Belgrade, Serbia

<sup>5</sup>Akademija tehničkih strukovnih studija, Beogradska politehnika, Katarine Ambrozić 3, Beograd, Srbija /  
Academy of Applied Technical Studies, Belgrade polytechnic, Katarine Ambrozić 3, Belgrade; Serbia

\*Autor za prepisku / Corresponding author

Rad primljen / Received: 03.04.2022, Rad prihvaćen / Accepted: 09.05.2022.

**Sažetak:** Koncept cirkularne ekonomije sve više potiskuje neodrživ model linearne ekonomije. Ovaj pristup podrazumeva iskorišćenje svih materijalnih i energetskih tokova nekog procesa tako da se generisanje otpada i energetski gubici svedu na najmanju meru. Održivo upravljanje otpadom podrazumeva poštovanje hijerarhije otpada, od prevencije nastajanja do finalnog odlaganja, kao najmanje poželjne opcije. Bio-otpad je široka kategorija koja obuhvata otpad iz bašti, parkova, kuhinjski otpad iz domaćinstva, restorana, ugostiteljskih i maloprodajnih objekata, a istovremeno predstavlja sirovinu za dobijanje novih materijala i energije. U okviru ovog rada razmatrani su društveni, ekonomski i ekološki aspekti za potencijalno iskorišćenje otpada od hrane u konceptu cirkularne ekonomije. Iskorišćenje bio-otpada otvara priliku za nova radna mesta i obezbeđuje porast bruto domaćeg proizvoda, direktno utiče na smanjenje emisije gasova sa efektom staklene bašte, kao i zagađenje zemljišta, vode i vazduha. Održivo upravljanje otpadnim sirovinama i unapređenje životne sredine je osnova za očuvanje ljudskog postojanja i trajna obaveza svih članova društva.

**Ključne reči:** bio-otpad, društveno-ekonomski izazovi, zelena ekonomija, održivi razvoj.

**Abstract:** The concept of circular economy is increasingly suppressing the unsustainable model of linear economy. This approach involves the use of all material and energy flows of a process so that waste generation and energy losses are minimized. Sustainable waste management means respecting the waste hierarchy, from prevention to final disposal, as the least desirable option. Bio-waste is a broad category that includes waste from gardens, parks, kitchen waste from households, restaurants, catering and retail facilities, and at the same time represents a raw material for obtaining new materials and energy. Within this paper, social, economic and environmental aspects for potential utilization of food waste in the concept of circular economy are considered. The use of bio-waste opens the opportunity for new jobs and provides an increase in gross domestic product, directly affects the reduction of greenhouse gas emissions, as well as pollution of soil, water and air. Sustainable management of waste raw materials and improvement of the environment is the basis for preserving human existence and a lasting obligation of all members of society.

Key words: bio-waste, socio-economic challenges, green economy, sustainable development.

<sup>1</sup>e-mail: [darko@tmf.bg.ac.rs](mailto:darko@tmf.bg.ac.rs)

<sup>2</sup>e-mail: [stojkovicmilica@gmail.com](mailto:stojkovicmilica@gmail.com)

<sup>3</sup>[orcid.org/0000-0002-1091-4143](https://orcid.org/0000-0002-1091-4143), e-mail: [sjosipovic@tmf.bg.ac.rs](mailto:sjosipovic@tmf.bg.ac.rs)

<sup>4</sup>[orcid.org/0000-0001-9935-2599](https://orcid.org/0000-0001-9935-2599), e-mail: [ana.slavkovic@ict.edu.rs](mailto:ana.slavkovic@ict.edu.rs)

<sup>5</sup>[orcid.org/0000-0002-4238-479x](https://orcid.org/0000-0002-4238-479x), e-mail: [a.popovic@politehnika.edu.rs](mailto:a.popovic@politehnika.edu.rs)

<sup>6</sup>[orcid.org/0000-0002-4125-6497](https://orcid.org/0000-0002-4125-6497), e-mail: [mdjolic@tmf.bg.ac.rs](mailto:mdjolic@tmf.bg.ac.rs)

## UVOD / INTRODUCTION

Koncept linearne ekonomije, zasnovan na linearnoj proizvodnji, premda i dalje dominantan u globalnoj ekonomiji, postao je dugoročno neodrživ. Nagli rast populacije, tehnološki razvoj i globalizacija doveli su do toga da se troši mnogo više prirodnih resursa nego što planeta može da ponudi. Ako društvo nastavi da se drži linearnog principa „uzmi – napravi – iskoristi – odloži“ ostvariće se loša predviđanja o iscrpljenju fosilnih goriva, retkih metala kao i mnogih drugih prirodnih sirovina. Svedoci smo toga da energentska kriza već sada u velikoj meri potresa svet, a prema nekim predviđanjima globalna upotreba fosilnih goriva, biomase, metala i minerala udvostručiće se u narednih 40 godina (OECD, 2018). Do 2050. godine predviđa se povećanje količine otpada za 70% (WB, 2018).

Model koji bi pomogao u rešavanju problema neodrživosti jeste cirkularna ekonomija. U suprotnosti sa tradicionalnim linearnim modelom, cirkularnim principom se teži smanjenju štetnih uticaja na životnu sredinu što se ogleda kroz smanjenje emisije štetnih gasova, manju upotrebu prirodnih resursa i sprečavanje nastanka otpada (Stojković, 2021). Prelazak na ovakav model poslovanja podrazumeva pored ekoloških i društvene i ekonomske benefite, kako za poslodavce tako i za potrošače. Evropska komisija je još 2012. godine istakla važnost ove tranzicije navodeći da: “U svetu rastućeg pritiska na prirodne resurse i životnu okolinu, Evropska Unija nema drugog puta nego da se usmeri ka efikasnom upravljanju resursima i modelu cirkularne ekonomije” (EC, 2012).

Ellen MacArthur fondacija je procenila da bi se primenom koncepta cirkularne ekonomije do 2030. godine, smanjila potrošnja resursa u Evropskoj Uniji (EU) za 600 milijardi EUR godišnje, dok bi produktivnost resursa rasla za 3% na godišnjem nivou (<https://ellenmacarthurfoundation.org/>). Primena savremenih tehnologija koje povećavaju efikasnost procesa ili menjaju sam proizvodni proces tako da se ne koriste prirodne već reciklirane sirovine, jako je poželjna. Primena inovativnih rešenja podrazumeva i produženje životnog veka proizvoda kao i doprinos njegovoj većoj reciklabilnosti.

Da bi se primena takvog modela proširila neophodno je raditi na unapređenju i modifikaciji svih delova životnog ciklusa jednog proizvoda. Veliki ideo u tome ima sam dizajn proizvoda, prema istraživanjima Evropske komisije 80% ukupnog uticaja na životnu sredinu ide upravo iz ove faze (EC, 2014). Smanjenje nepotrebnog pakovanja, na način da ne dođe do ugrožavanja karakteristika samog proizvoda jedan je od koraka koji se promoviše akcionim

planom Evropske Unije za proširenje modela cirkularne ekonomije.

Italija je dala dobar primer prvog koraka implementacije ovakvog modela, ulaganjem od 508 miliona evra za projekte iz oblasti cirkularne ekonomije sa ciljem zaštite životne sredine (Dedić, 2022). Primena cirkularne ekonomije u Evropi osnažila bi njen globalni industrijski položaj i unapredila razvoj biznisa, malih i srednjih preduzeća. Ovakav model poslovanja osnažiće Evropu koja više neće biti toliko zavisna od ostatka sveta kada je u pitanju snabdevanje prirodnim sirovinama. Nivo cirkularnosti u EU (13%) je dvostruko veći od globalnog proseka, ali je još uvek nizak i nedovoljan. Efikasnom reciklažom i ponovnim iskorišćenjem proizvoda stvoriće se tržište sa visoko kvalitetnim sekundarnim materijalima (EC, 2020).

Evropski zeleni dogovor (engl. European Green Deal) je strategija EU, usvojena u decembru 2019. godine, koja obuhvata globalne izazove i ciljeve u zaštiti životne sredine, poštujući principe održivog razvoja (Vasilkov, 2021). Ovim dokumentom EU je prepoznata kao globalni lider zaštite životne sredine, gde su ublažavanje klimatskih promena i upotreba čistije energije stavljene u centar svih ekonomskih delatnosti država članica. Republika Srbija je zemlja potpisnica Zelene agende za Zapadni Balkan, kojom se otvaraju nove smernice za suočavanje s izazovima zaštite životne sredine i održive zajednice. Očuvanje i obnavljanje ekosistema i biološke raznolikosti (engl. Biodiversity), uz istovremeno zdravo i ekološki prihvatljivo snabdevanje hranom, predstavljaju krovne teme Evropskog zelenog dogovora (Vasilkov, 2021).

## 1. DRUŠTVENI ASPEKTI / SOCIAL ASPECTS

Problem neadekvatnog iskorišćenja otpada direktno zalazi u društvene segmente života i određuje kvalitet života. Kada je reč o velikoj količini hrane koja se na godišnjem nivou baca, ne možemo, a da se ne zapitamo da li je jedini problem prekomerna proizvodnja i želja za profitom ili je ključ zapravo u nepravilnoj raspodeli. Ako uzmemo u obzir da 11% svetske populacije pati od nestašice hrane i gladi (Wohner et al., 2019), onda se ovaj problem znatno produbljuje. Kako bi ovaj jaz između broja gladnih ljudi i količine odbačene hrane bio manji neophodno je da analiziramo zbirni efekat bacanja i gubitka hrane u svakom segmentu lanca proizvodnje, transporta i potrošnje istih (Slika 2). Nažalost, zajedničko rešenje za različite procese proizvodnje ne postoji i svaki slučaj je jedinstven. Potrebno je detaljno analizirati korake u kojima dolazi do gubitaka hrane:

1) gubici na nivou stočnih farmi i poljoprivrednih polja mogu nastati usled velikog broja faktora,

što spoljašnjih, poput klime i infestacije, preko načina uzgoja, stepena organizovanosti farme i kapaciteta, pa sve do marketinga istog pri čemu ovi gubici mogu nastati u bilo kom trenutku proizvodnje hrane;

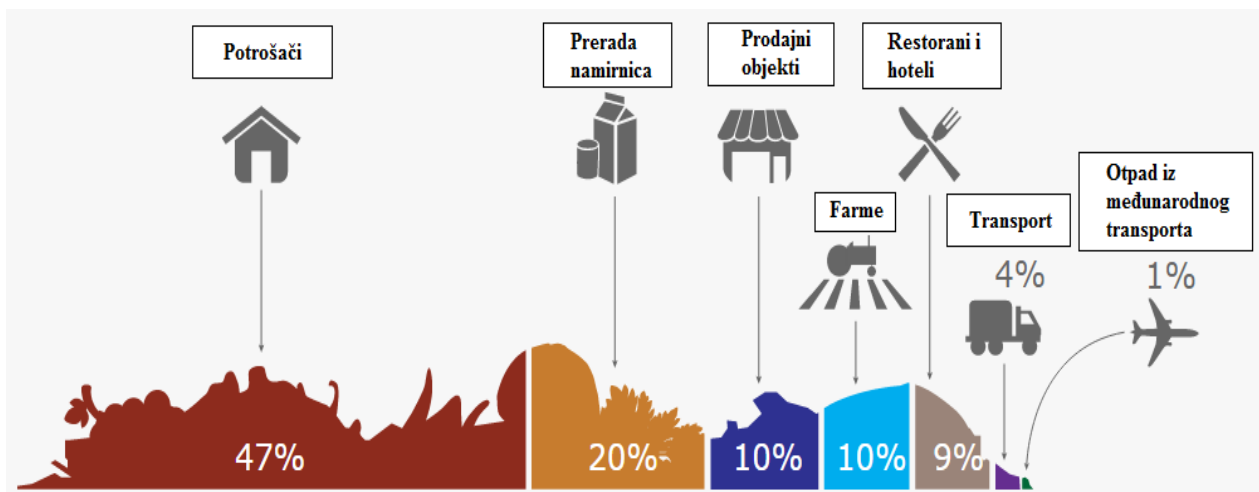
2) skladištenje omogućava da se u svim koracima lanca hrane manipuliše protokom iste, pri čemu se odgovara na zahtev potrošača i mogućnosti proizvođača. Kao u prethodnom slučaju, gubici se mogu javiti usled nedostatka ili manjeg kapaciteta skladišta, ali veliki uticaj ima i tip namirnice koji se skladišti;

3) transport predstavlja usko grlo u ovom lancu pri čemu je hrana izložena spoljašnjim uticajima (toplotni i mehanički, kontaminacija). U ovom koraku su gubici veći kod voća i povrća zbog načina rukovanja i njihove osetljive strukture;

4) stepen gubitaka koji se javlja u koraku obrade i pakovanja umnogome zavisi od početne sirovine, ali često i od mesta na kome se ovaj korak odigrava. Siromašnije zemlje često imaju velike gubitke zbog loše ili kompleksne tehnologije obrađivanja i pakovanja;

5) veleprodajni i maloprodajni objekti imaju ograničena mesta za izlaganje proizvoda pri čemu lako kvarljiva hrana koja se sveže konzumira često ima veoma kratak životni vek u prodavnicama;

6) gubici na nivou potrošača su najveći u državama sa visokim standardom gde je faktor lagodnosti dominantan. Takođe, hrana koja je lako kvarljiva poput mesa, voća i povrća sačinjava većinu ovog otpada (Teodorović, 2020).



Slika 1. Udeo pojedinačnih sektora od ukupne novčane vrednosti bačene hrane (NZWC, 2020).

Figure 1. The share of individual sectors in the total monetary value of wasted food (NZWC, 2020).

Gubici nastaju iz brojnih razloga koje ne možemo kontrolisati (klimatske promene, infekcije parazitima i sl.) (Alexander et al., 2017; Nelson et al., 2014), ali tu su i mnogi gubici koje je moguće sprečiti (neadekvatno pakovanje, skladištenje ili transport) (Corradini, 2018; Amani, Gadde, 2015). Koji deo životnog ciklusa proizvoda u najvećoj meri dovodi do gubitaka, zavisi i od razvijenosti zemlje. Kod slabo razvijenih zemalja usled loše infrastrukture (transportne i skladištene), kao i manjih proizvodnih kapaciteta do gubitaka dolazi najčešće u prvim tokovima proizvodnje. Za srednje i visoko razvijene države uglavnom je to slučaj kasnije tokom distribucije i potrošnje hrane (Wohner, 2019; Raak et al., 2017).

Još jedan društveni aspekt koji utiče u velikoj meri na generisanje bio-otpada jeste životni standard ljudi. Što je životni standard veći, veća je i kupovna moć. Tada se javlja problem masovne po-

trošnje. Ljudi su svakodnevno izloženi brojnim reklamama i kampanjama koje ih podstiču na kupovinu predmeta opšte upotrebe, koji im najčešće nisu potrebni, a svakako ne i neophodni. Kada je reč o hrani i osnovnim životnim namirnicama, tu je izražena neophodnost, ali ljudi su skloni da kupuju mnogo više nego što je zapravo potrebno. Posledica neodgovorne potrošnje je bacanje hrane koja često nema dug rok trajanja (FAO, 2019).

Primeri dobre prakse kada je u pitanju odgovorna i racionalna kupovina i korišćenje životnih namirnica zastupljeni su u Austriji. Na inicijativu dobrotnih i neprofitnih organizacija, pokrenuto je otvaranje socijalnih marketa u kojima se po znatno nižim cenama mogu kupiti proizvodi sa oštećenom ambalažom ili nekom greškom, ali koji su i dalje sigurni za upotrebu. U 2014. godini donirano je ukupno 6.600 t hrane (UNDP, 2020). U Beču je pokrenuta onlajn prodaja proizvoda poput džema i voćnih namaza koji

se proizvode od uzoraka voća sa farmi i iz bašti, koji su nepravilnog oblika. Na taj način je 2016. godine iskorišćeno 2.122 kg voća i povrća. Na ovaj način ne samo da se smanjila količina odbačene hrane nego se i pomoglo socijalno ugroženim ljudima. „Eat me!“ je još jedna uspešno sprovedena kampanja u organizaciji Austrijske catering kompanije koja je koristila nepodobne uzorke svežeg voća i povrća sa organskih farmi koje se ne mogu prodati na tržištu (<https://www.issmich.at/>).

Rad na rešavanju problema neiskorišćenja i generisanja velike količine bio-otpada doneo bi i mnoge benefite u socijalnom smislu. Na prvom mestu, to je prilika za otvaranje novih radnih mesta. Procena je da se iskorišćenjem otpada obezbeđuje 40% više radnih mesta nego njegovim odlaganjem (Ontario, 2017). Istovremeno stvara se nova poslovna kultura ekološki osvešćenih kompanija, obezbeđuju se bolji uslovi za život u smislu čistije vode, vazduha i zemljišta. Ovakve i slične inicijative treba da prati i podizanje svesti ljudi o važnosti odgovorog upravljanja bio-otpadom, pre svega kroz obrazovni sektor različitim radionicama i predavanjima (počevši od najmlađih kategorija društva), ali i podsticanjem razvoja inovativnih rešenja u ovom domenu.

## 2. EKONOMSKI ASPEKTI / ECONOMIC ASPECTS

Koncept linearne ekonomije predstavlja održiv ekonomski sistem u okviru kojeg se odgovorno upravlja resursima, pritom ne dolazi do ekonomskih gubitaka već je suprotno tome moguće ostvariti mnoge ekonomske benefite. Analizom životnog ciklusa proizvoda utvrđuju se sve izlazne struje koje bi umesto odlaganja i odbacivanja mogle da se monetizuju, isto tako utvrđuje se na koje je sve načine moguće ostvariti uštede kada su u pitanju ulazne struje (Tomić, Schneider, 2020).

Kako su svi segmenti društva u tesnoj vezi sa ekonomijom, procene su da bi sakupljanje i iskorišćenje 1000 tona bio-otpada proizvelo 60% veći prihod nego njegovo deponovanje (Ontario, 2017). Prema procenama Evropskog parlamenta za 2014. godinu generisano je 2.500 miliona tona otpada od čega 53% nije iskorišćeno, niti je izvršen povraćaj resursa (engl. Resource Recovery) ili primenjena reciklaža (EC, 2018). Ako uzmemo u obzir potencijal iskorišćenja ovih materijala ovo predstavlja ekonomski gubitak. Prema procenama rađenim na Kembriđu, primena cirkularne ekonomije u EU ima potencijal za povećanje bruto domaćeg proizvoda od 0,5% do 2030. godine, a pored toga donela bi priliku za 700.000 novih radnih mesta (European Parliament, 2018).

Na primeru tehno-ekonomske analize postrojenja za kompostiranje organskog otpada grada Kragujevca (Jovičić et al., 2009) pokazana je opravdanost implementacije razmatranih rešenja za problem bio-otpada u Republici Srbiji. Početni korak je analiza količine i sastava ukupnog otpada koji se generiše na dnevnom i godišnjem nivou. U Kragujevcu je od 156,5 t generisanog otpada dnevno 67,1% pogodan za kompostiranje, što iznosi 38.000 t na godišnjem nivou. Sledeća važna stavka jeste odabir adekvatne tehnologije, primer je rađen za slučaj kompostiranja na otvorenom prostoru u bunkerima sa prirodnim provetravanjem. Procena investicionih ulaganja koja podrazumeva troškove lokacije, materijal za izgradnju, opremu i mašine kao i sve troškove vezane za upravljanje, izgradnju, transport i dokumentaciju iznosila bi 1.204.000 evra. Procena godišnjeg prihoda koji se ostvaruje prodajom komposta procenjuje se na 1.760.000 evra. Kada se uzmu u obzir godišnji rashodi i otplata kredita povraćaj investicije se očekuje za period od četiri godine.

## 3. EKOLOŠKI ASPEKTI / ECOLOGICAL ASPECTS

Odlaganje bio-otpada na deponije, pogotovo one nesanitarnе, dovodi do zagađenja svih delova životne sredine. Zemljište na kome se deponija nalazi izloženo je brojnim zagađujućim materijama koje se mogu naći u hrani usled upotrebe pesticida i veštačkih đubriva još iz proizvodnog procesa ili masovnom upotrebom antimikrobnih sredstava u industriji mesa. Izluživanjem iz zemljišta, različitim fizičko-hemijskim procesima ove materije lako dospavaju i u vodu. Izdvajanje metana i drugih gasova prilikom stvaranja anaerobnih uslova dovodi do pospešivanja efekta staklene bašte i na taj način se onečišćenje prenosi i u atmosferu (UNDP, 2022).

Iskorišćenjem otpadnih materijala štede se prirodni resursi koji se na globalnom nivou koriste u većoj meri nego što planeta može da nam priušti. Model cirkularne ekonomije podrazumeva saradnju kompanija na određenom prostoru u cilju zajedničke dobiti. Dobar primer prakse u svetu jesu razvoji Eko-industrijskih parkova u Kini, u okviru kojih se teži konceptu zero-waste, čistijoj proizvodnji i razvoju zelenih tehnologija, a sve to što boljim iskorišćenjem otpadnih tokova (Yuan et al., 2010). U okviru ovih parkova, između ostalog, primenjuju se i centralizovani sistemi za tretman otpadnih voda gde svaka industrija vrši samo određene pred-tretmane dok se prečišćavanje do zakonski propisanih mera vrši u „zajedničkom“ postrojenju. Na ovaj način štede se, i ovako ugroženi, vodni resursi, a ostvaruje se i velika ušteda.

Bio-otpad ima značajnu ulogu za proizvodnju biosorbenata, poreklom iz: koštica voća, orašastih plodova, delova biljaka i kora (banane, limuna, krompira i drugog). Svi imaju visok sadržaj celuloze, hemiceluloze, lignina, lipida, proteina (de Gisi et al., 2016), ali im je svakako neophodna predhodna fizička ili hemijska obrada (Reddy et al., 2015). Fizička metoda podrazumeva pirolizu na visokim temperaturama (500-900°C) u inertnoj atmosferi, prilikom čega dolazi do karbonizacije i uklanjanja neuglednih elemenata poput: azota, kiseonika i vodonika. U slučaju hemijske aktivacije, radi se impregnisanje sa aktivnim reagensima (jaka dehidrataciona i oksidaciona jedinjenja) (Yu et al., 2018). Pored visoke efikasnosti za uklanjanje metala (Cu, Zn, Cd, Pb) i organskih jedinjenja (fenol, bisfenol A, karbamazepin) iz otpadne vode (Karić et al., 2022), njihova hemijska struktura, mehanička čvrstoća, obnovljivost i niska cena predstavljaju veliku prednost (Ontario, 2017).

Positivni efekti na životnu sredinu su brojni i to je pored ekonomske opravdanosti primene modela cirkularne ekonomije na iskorišćenje otpada svakako još i razlog više da se u budućnosti nastavi sa daljim razvojem u ovom domenu. Za njenu uspešnu implementaciju neophodna je saradnja mikro i makro privrede kao i vertikalna i horizontalna saradnja u lancu snabdevanja. Procena Ellen MacArthur fondacije je da se "hemijskim lizingom" (ponovnim korišćenjem nutrijenata, zamenom materijala u građevinskoj industriji, modelima zajedničkog vlasništva u transportnim sistemima) može redukovati emisija CO<sub>2</sub> ekv za više od 7,5 milijardi tona na globalnom nivou (<https://ellenmacarthurfoundation.org/>). Svakako da prve korake u implementaciji moraju podržati i administrativna i zakonodavna tela kako na nacionalnom i međunarodnom nivou tako i na lokalnom nivou.



Slika 2. Valorizacija bio-otpada u postupcima prečišćavanja otpadnih voda - poljoprivredni otpad kao adsorpcioni medijum

Figure 2. Bio-waste valorization in wastewater treatment - agricultural waste as an adsorptive medium

## ZAKLJUČAK

Samo cirkularna ekonomija vodi održivom razvoju. Ona podrazumeva uspostavljanje takvog modela poslovanja gde se na dosadašnje otpadne sirovine gleda kao na sirovine za ponovnu upotrebu i iskorišćenje. Stalni trend rasta broja ljudi na planeti dovodi do generisanja sve veće količine otpada koja se mora adekvatno zbrinuti. Deo biootpada od ukupno generisane količine otpada ima velike potencijale za iskorišćenje i dobijanje energije ili nekih korisnih proizvoda poput prirodnih đubriva, energije, ili materijala sa novom upotrebom vrednošću (biosorbenata, bioplastike ili nekih građevinskih materijala). Cirkularna tranzicija u upravljanju bio-otpadom dovodi do višestrukih benefita: društvenih, ekonomskih i ekoloških. Racionalno korišćenje prirodnih resursa, proizvodnja energije iz obnovljivog izvora, smanjiva-

nje emisija gasova sa efektom staklene bašte i ublažavanje klimatskih promena vode ka održivoj proizvodnji i potrošnji (jedan od ciljeva održivog razvoja). Primenom modela cirkularne ekonomije potrošači će na tržištu imati visoko kvalitetne, sigurne i funkcionalne proizvode po pristupačnim cenama, koji će duže trajati, biće dizajnirani za ponovnu upotrebu ili reciklažu. Sve ovo doprineće boljem životnom standardu, inovativnim poslovima, unapređenju znanja i veština pojedinaca. Glavni cilj jeste cirkularna ekonomija koja donosi dobrobit ljudima, gradovima, vodi računa o klimatskim promenama i podstiče razvoj i inovacije.

## CONCLUSION

Only a circular economy leads to sustainable development. It implies the establishment of such a

business model where the current waste raw materials are seen as raw materials for reuse and recovery. The constant trend of increasing the number of people on the planet leads to the generation of increasing amounts of waste that must be adequately disposed. Part of the biowaste of the total amount of generated waste has a great potential for the use and production of energy or some useful products, such as natural fertilizers, energy, or materials with new use value (biosorbents, bioplastics or some building materials). The circular transition in biowaste management leads to multiple benefits: social, economic and environmental. Rational use of natural resources, production of energy from renewable sources, reduces greenhouse gas emissions and mitigation of climate change leads to sustainable production and consumption (one of the goals of sustainable development). By applying the circular economy model, consumers will still have high quality, safe and functional products on the market at affordable prices, which will last longer and be designed for reuse or recycling. All this will contribute to a better standard of living, innovative jobs, improvement of knowledge and personal skills. The main goal is a circular economy that benefits people, cities, takes care of climate change and encourages development and innovation.

### Zahvalnica

Ovaj rad je finansiran od strane Ministarstva za prosvetu, nauku i tehnološki razvoj Republike Srbije (Contract No. 451-03-68/2022-14/200135) i podržan od Evropske agencije za saradnju nauke i privrede (projekat COST Action CA17133 – Circular City).

### Acknowledgements

This work was financed by the Ministry of Education, Science and Technological Development of the Republic of Serbia (Contract No. 451-03-68/2022-14/200135) and supported by the European cooperation for science and technology (project COST Action CA17133 – Circular City).

### LITERATURA / REFERENCES

- [1] Alexander, P., Brown, C., Arneith, A., Finnigan, J., Moran, D., Rounsevell, M.D.A. (2017). Losses, inefficiencies and waste in the global food system, *Agric. Syst.* 153, 190-200.
- [2] Amani, P., Gadde, L.-E. (2015). Shelf life extension and food waste reduction, *Proceedings in Food System Dynamics*, 7-14. <https://doi.org/10.18461/pfsd.2015.1502>
- [3] Corradini, M.G. (2018). Shelf life of food products: from open labeling to real-time measurements, *Ann. Rev. Food Sci. Technol.* 9, 251-269.
- [4] De Gisi, S., Lofrano, G., Grassi, M., Notarnicola, M. (2016). *Sustainable Materials and Technologies*, Vol. 9, 10-40.
- [5] Dedić, M. (2022). *Italija ulaže 508 miliona evra u projekte iz oblasti cirkularne ekonomije*, Centar za promociju cirkularne ekonomije. Dostupno na: <https://cirkularnaekonomija.org/italija-ulaže-508-miliona-evra-u-projekte-iz-oblasti-cirkularne-ekonomije/>
- [6] Eat me!, dostupno na: <https://www.issmich.at/> poslednji pristup 25.02.2022.
- [7] Ellen MacArthur foundation, <https://ellenmacarthurfoundation.org/> poslednji pristup 02.03.2022.
- [8] European Commission, (2012). *Manifesto for a Resource-efficient Europe*.
- [9] European Commission, (2014). Directorate-General for Energy, Directorate-General for Enterprise and Industry, *Ecodesign your future: how ecodesign can help the environment by making products smarter*, European Commission.
- [10] European Commission, (2018). *Impacts of circular economy policies on the labour market*. [https://circulareconomy.europa.eu/platform/sites/default/files/ec\\_2018\\_-\\_impacts\\_of\\_circular\\_economy\\_policies\\_on\\_the\\_labour\\_market.pdf](https://circulareconomy.europa.eu/platform/sites/default/files/ec_2018_-_impacts_of_circular_economy_policies_on_the_labour_market.pdf)
- [11] European Commission, (2020). *Circular Economy Action Plan for a cleaner and more competitive Europe*.
- [12] European Parliament, (2018). *Waste management in the EU: infographic with facts and figures*. <https://www.europarl.europa.eu/news/en/headlines/society/20180328STO00751/eu-waste-management-infographic-with-facts-and-figures>
- [13] FAO, (2019). *The state of food and agriculture, Moving forward on food loss and waste reduction*, Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO), Rome.
- [14] Jovičić, N., Petrović, D., Jaćimović, M., Jovičić, G., Gordić, D., Babić, M. (2009). *Tehno-ekonomska analiza postrojenja za kompostiranje organskog otpada grada Kragujevca*, Center for Quality, 54-59.
- [15] Karić, N., Maia, A. S., Teodorović, A., Atanasova, N., Langergraber, G., Crini, G., Ribeiro, A. R. L., Đolić, M. (2022). Bio-waste valorisation: Agricultural wastes as biosorbents for removal of (in)organic pollutants in wastewater treatment, *Chemical Engineering Journal Advances*, 9, 100239.
- [16] National Zero Waste Council (NZWC), (2020), <http://www.nzwc.ca/focus/food/Pages/default.aspx>.

- [17] Nelson, G.C., Valin, H., Sands, R.D., Havlík, P., Ahammad, H., Deryng, D., Elliott, J., Fujimori, S., Hasegawa, T., Heyhoe, E., Kyle, P., Von Lampe, M., Lotze-Campen, H., Mason d'Croze, D., van Meijl, H., van der Mensbrugghe, D., Müller, C., Popp, A., Robertson, R., Robinson, S., Schmid, E., Schmitz, C., Tabeau, A., Willenbockel, D. (2014). Climate change effects on agriculture: economic responses to biophysical shocks, *Proc. Natl. Acad. Sci.* 111(9), 3274-3279.
- [18] OECD - Organisation for Economic Co-operation and Development, (2018), *Global Material Resources Outlook to 2060*.
- [19] Ontario, (2017). *Ontario's food and organic waste framework: action plan, climate change action plan*.
- [20] Raak, N., Symmank, C., Zahn, S., Aschemann-Witzel, J., Rohm, H. (2017). Processing- and product-related causes for food waste and implications for the food supply chain, *Waste Manage (Oxford)*, 61, 461-472.
- [21] Reddy, P. M. K., Krushnamurthy, K., Mahammadunnisa, S. K., Dayamani, A. Subrahmanyam, C. (2015). Preparation of activated carbons from bio-waste: effect of surface functional groups on methylene blue adsorption, *International Journal of Environmental Science and Technology*, 12(4), 1363-1372.
- [22] Stojković, R., Vasiljević, D. (2021). Praktični aspekti cirkularne ekonomije, *Ecologica*, 28(103), 378-386.
- [23] Teodorović, A. (2020). *Mogućnosti primene bio-otpada kao adsorbenta za uklanjanje teških metala i organskih zagađujućih supstanci iz vode*, završni master rad, Tehnološko-metalurški fakultet, Univerzitet u Beogradu.
- [24] Tomić, T., Schneider, D. R. (2020). Circular economy in waste management – Socio-economic effect of changes in waste management system structure, *Journal of Environmental Management*, 267, 110564.
- [25] UNDP (2020). Priručnik „Izazovi za upravljanje bio-otpadom“, Republika Srbija, Ministarstvo zaštite životne sredine.
- [26] UNDP, *About the bio-waste challenge*, dostupno na: <https://inovacije.klimatskepromene.rs/en/about-the-challenge/> 27.02.2022.
- [27] Vasilkov, Z., Petrović, S., Vuković, J., Lazić, D., Damjanović, A. (2021). Zeleni dogovor Evropske Unije i Zelena agenda za Zapadni Balkan: nove smernice za suočavanje sa izazovima zaštite životne sredine, *Ecologica*, 28(104), 494-502.
- [28] Wohner, B., Pauer, E., Heinrich, V., Tacker, M., (2019). Packaging-related food losses and waste: an overview of drivers and issues, *Sustainability* 11(1), 264; <https://doi.org/10.3390/su11010264>.
- [29] World Bank (2018), *What a Waste 2.0: A Global Snapshot of Solid Waste Management to 2050*.
- [30] Yu, D., Wang, L., Wu, M. (2018). Simultaneous removal of dye and heavy metal by banana peels derived hierarchically porous carbons, *Journal of the Taiwan Institute of Chemical Engineers*, 93, 543-553.
- [31] Yuan, Z., Bi, J., Zhang, B., Liu, B. (2010). Eco-industrial parks: National pilot practices in China, *Journal of Cleaner Production*, 18, 504-509.