

Unapređenje postupanja s kućanskim otpadom

Ruk, Ivan

Undergraduate thesis / Završni rad

2021

Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj: **University of Zagreb, Faculty of Mechanical Engineering and Naval Architecture / Sveučilište u Zagrebu, Fakultet strojarstva i brodogradnje**

Permanent link / Trajna poveznica: <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:235:070349>

Rights / Prava: [In copyright](#) / [Zaštićeno autorskim pravom.](#)

Download date / Datum preuzimanja: **2025-01-02**

Repository / Repozitorij:

[Repository of Faculty of Mechanical Engineering and Naval Architecture University of Zagreb](#)



SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
FAKULTET STROJARSTVA I BRODOGRADNJE

ZAVRŠNI RAD

Ivan Ruk

Zagreb, 2021.

SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
FAKULTET STROJARSTVA I BRODOGRADNJE

ZAVRŠNI RAD

Mentor:

Prof. dr.sc. Zoran Kunica

Student:

Ivan Ruk

Zagreb, 2021.

ZADATAK

SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
FAKULTET STROJARSTVA I BRODOGRADNJE



Središnje povjerenstvo za završne i diplomske ispite
 Povjerenstvo za završne ispite studija strojarstva za smjerove:
 proizvodno inženjerstvo, računalno inženjerstvo, industrijsko inženjerstvo i menadžment, inženjerstvo
 materijala i mehatronika i robotika

Sveučilište u Zagrebu Fakultet strojarstva i brodogradnje	
Datum	Prilog
Klasa: 602 - 04 / 21 - 6 / 1	
Ur.broj: 15 - 1703 - 21 -	

ZAVRŠNI ZADATAK

Student: **Ivan Ruk** Mat. br.: 0035207069

Naslov rada na hrvatskom jeziku: **Unapređenje postupanja s kućanskim otpadom**

Naslov rada na engleskom jeziku: **Improvement of household waste management**

Opis zadatka:


Trend porasta ljudske-potrošnje prirodnih izvora s negativnim utjecajem na okoliš, a potom i na ljudsko zdravlje, odavno je prepoznat, no i do danas taj izazov, unatoč dosad poduzetim naporima koji su rezultirali zakonskim i tehničkim rješenjima, nije odgovarajuće riješen. U zajednicama, bile one veće ili manje, apeliranje na svijest građana s izračunom financijskih parametara i koristi temeljenih na tradicionalnim komunalnim tehnologijama, više nije dovoljno, već se zahtijevaju znatniji iskoraci u razvoju i primjeni novih proizvoda i tehnologija, kojima će se, pored ostaloga, i prije svega, građanima-pojedincima omogućiti što učinkovitije svakodnevno postupanje s kućanskim otpadom.

U radu je potrebno:

1. objasniti važnost tretmana kućanskog otpada (u vezi, naprimjer: količina, sastava, rizika, troškova, profita)
2. opisati trenutačno stanje u postupanju s kućanskim otpadom, napose njegovim razvrstavanjem (u pogledu, naprimjer: zakona, tehničkih sustava, uzornih primjera postupanja, zahtjevnosti za korisnika)
3. naznačiti mogućnosti unapređenja postupanja s otpadom u kućanstvu (u smislu naprimjer: smanjivanja opsega rukovanja i transporta te primijenjenih sila; smanjenja rizika; racionalnog povećanja broja spremnika; stvaranja novih tehničkih rješenja zasnovanih na senzoricima, obradi podataka i robotici)
4. za odabranu mogućnost unapređenja iz točke 3., predložiti koncept rješenja.

Zadatak zadan:
30. studenoga 2020.

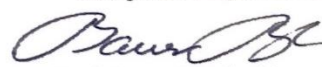
Zadatak zadao:


Prof. dr.sc. Zoran Kunica

Datum predaje rada:
1. rok: 18. veljače 2021.
2. rok (izvanredni): 5. srpnja 2021.
3. rok: 23. rujna 2021.

Predviđeni datumi obrane:
1. rok: 22.2. – 26.2.2021.
2. rok (izvanredni): 9.7.2021.
3. rok: 27.9. – 1.10.2021.

Predsjednik Povjerenstva:


Prof. dr. sc. Branko Bauer

IZJAVA

Izjavljujem da sam ovaj rad izradio samostalno koristeći znanja stečena tijekom studija i navedenu literaturu.

Zahvaljujem obitelji i prijateljima na pruženoj podršci tijekom studiranja i pisanja završnog rada, a posebice zahvaljujem mentoru prof. dr.sc. Zoranu Kunici na nesebičnoj pomoći i brojnim savjetima.

U Svetoj Nedelji, 15. veljače 2021.

Ivan Ruk

SAŽETAK

Velike količine kućanskog otpada imaju za posljedicu onečišćenje okoliša i ugrožavanje živog svijeta. Opasan otpad iz kućanstva potencijalno može povećati opasna svojstva komunalnog otpada. U radu je dan pregled kućanskog otpada, posebice njegove količine, sastava i rizika. Također je dan pregled gospodarenja otpadom s tehnologijama sortiranja i procesiranja otpada. Na primjeru grada Svete Nedelje predložen je mogući unaprijeđeni način postupanja s kućanskim otpadom koji sadrži uvođenje spremnika za opasan kućanski otpad i servisnih centara za popravak proizvoda, čime se smanjuju rizici po okoliš odnosno pridonosi racionalnijoj potrošnji.

Ključne riječi: kućanski otpad, opasan kućanski otpad, razvrstavanje

SUMMARY

Large amounts of household waste result in environmental pollution and endangerment of living world. Dangerous household waste can potentially increase hazardous properties of general communal waste. The paper gives an overview of household waste, especially its quantity, composition and risk. An overview of waste management with waste sorting and processing technologies is also given. On the example of the city of Sveta Nedelja, a possible improved way of dealing with household waste has been proposed, which includes the introduction of containers for hazardous household waste and service centres for product repair, which reduces environmental risks and contributes to more rational consumption.

Key words: household waste, hazardous household waste, sorting

SADRŽAJ

ZADATAK.....	I
IZJAVA.....	II
SAŽETAK.....	III
SUMMARY	IV
POPIS OZNAKA I MJERNIH JEDINICA FIZIKALNIH VELIČINA	VII
POPIS SLIKA	VIII
POPIS TABLICA.....	IX
1. UVOD.....	1
2. PODJELA OTPADA.....	2
2.1. PODJELA OTPADA PREMA MJESTU NASTANKA.....	2
2.2. PODJELA OTPADA PREMA SVOJSTVIMA	3
3. VAŽNOST TRETMANA KUĆANSKOG OTPADA	4
3.1. KOLIČINA KUĆANSKOG OTPADA.....	4
3.2. SASTAV KUĆANSKOG OTPADA.....	13
3.3. OPASAN OTPAD U KUĆANSTVU – TOKSIČNE SUPSTANCE I RIZICI... 14	
3.3.1. Boje, ljepila, otapala.....	17
3.3.2. Otpadne baterije	18
3.3.3. Fluorescentne svjetiljke i ostali otpad koji sadrži živu	19
3.3.4. Električni i elektronički otpad	19
3.3.5. Sredstva za čišćenje.....	21
3.3.6. Medicinski otpad	21
3.3.7. Ostaci pesticida i gnojiva	21
3.3.8. Sredstva za osobnu higijenu	22
4. ZAKON O ODRŽIVOM GOSPODARENJU OTPADOM.....	23
5. KRUŽNO GOSPODARSTVO	25
6. ORGANIZACIJSKO-TEHNIČKI SUSTAV RAZVRSTAVANJA OTPADA	31
6.1. RUČNO SORTIRANJE	32

6.2. AUTOMATSKO SORTIRANJE.....	33
7. RAZVRSTAVANJE KUĆANSKOG OTPADA U SVETOJ NEDELJI.....	37
8. PRIJEDLOZI UNAPREĐENJA TRETMANA KUĆANSKOG OTPADA U SVETOJ NEDELJI	40
8.1. Dodatni spremnik za opasan otpad	40
8.2. Gradski servis -- popravljaoice.....	42
9. ZAKLJUČAK	44
10. LITERATURA.....	46

POPIS OZNAKA I MJERNIH JEDINICA FIZIKALNIH VELIČINA

Oznaka	Mjerna jedinica	Značenje/Opis
EU		Europska unija
CGO		centar za gospodarenje otpadom
RH		Republika Hrvatska
PET		polietilen tereftalat
HDPE		polietilen visoke gustoće

POPIS SLIKA

Slika 1. Stvoreni otpad po zemljama Europske unije i s njom povezanih zemalja u 2018. godini [7]	5
Slika 2. Stvoreni otpad po gospodarstvenim djelatnostima i u kućanstvu Europske unije u 2018. godini [7]	6
Slika 3. Stvoreni veći mineralni otpad i otpad koji po prirodi nije veći mineralni otpad po zemljama Europske unije i s njom povezanih zemalja u 2018. godini [7].....	8
Slika 4. Stvoreni otpad koji nije veći mineralni otpad po zemljama Europske unije i s njom povezanih zemalja u 2018. godini [7]	9
Slika 5. Stvoreni opasni otpad po zemljama Europske unije i s njom povezanih zemalja u 2010. i 2018. godini [7]	12
Slika 6. Sastav kućanskog otpada [10]	13
Slika 7. Kružno gospodarstvo [9].....	25
Slika 8. Hijerarhija otpada [16]	27
Slika 9. Ručno sortiranje otpada [23].....	33
Slika 10. Rotirajući bubanj [24]	34
Slika 11. Vibracijsko sito [22].....	34
Slika 12. Uređaj za infracrveno sortiranje [24]	36

POPIS TABLICA

Tablica 1. Stvoreni otpad po gospodarstvenim djelatnostima i kućanstvima za zemlje Europske unije i za s njom povezane države u 2018. godini [7].....	7
Tablica 2. Stvoreni otpad koji nije veći mineralni otpad po gospodarstvenim djelatnostima zemalja Europske unije od 2004 do 2018. godine [7].....	11
Tablica 3. Broj spremnika za miješani komunalni otpad po naseljima, fizičkim i pravnim osobama u Svetoj Nedelji [25]	38

1. UVOD

Civilizacijski napredak i modernizacija uzta sve prednosti kojima omogućuju bolji i ugodniji život ljudi, nose istodobno i veliko breme, a to je onečišćenje planeta Zemlje, bilo da su to njezino tlo, zrak ili voda. Zabrinutosti s tim u vezi je sve veća [1]. S porastom globalne populacije i rastućom potražnjom za hranom i ostalim neophodnim (ali i manje neophodnim) proizvodima, svako kućanstvo svakodnevno povećava količinu otpada: predmete koji više nisu potrebni ili nemaju daljnju svrhu uporabe, vrlo često se jednostavno odbacuje i spadaju u kategoriju otpada. Daljnji tretman toga otpada pak spada u djelokrug komunalnih službi nekog područja, pri čemu se otpad u većoj ili manjoj mjeri sortirano sakuplja te procesira, ili još uvijek nerijetko, izravno odlaže na odlagališta otpada. Mnogi od materijala od kojih su načinjeni proizvodi, odloženi u običnu kantu za miješani otpad, u okolišu mogu trajati, ne razgrađujući se, od nekoliko stotina do čak nekoliko tisuća godina. Postojanje takvog otpada u prirodnom okolišu uzrokuje onečišćenja vode, zraka i tla, a te štetne posljedice po okoliš negativno utječu na živi svijet, uključujući i ljude. Intenzivnost tog utjecaja ovisi o svojstvima i količinama otpada, a poglavito o načinu na koji se s njim postupa. Kako bi se smanjilo zagađivanje okoliša društvo, na različitim razinama, treba osigurati njegovo adekvatno sakupljanje, transport te obradu i zbrinjavanje.

U ovom radu analizirat će se količina i sastav otpada općenito, a posebno količina i sastav kućanskog otpada u Hrvatskoj i u EU te rizici koji proistječu iz opasnog kućanskog otpada. Proučit će se djelatnost gospodarenja otpadom, njegova zakonska regulativa, kao i model kružnog gospodarstva. Opisat će se tehnologije i tehnički sustavi za sortiranje i obradu otpada. Nadalje, prikazat će se trenutno postupanje s kućanskim otpadom u gradu Svetoj Nedelji, za koji će se dati i prijedlog unapređenja tretmana kućanskog otpada.

2. PODJELA OTPADA

Otpad se dijeli prema mjestu nastanka i prema svojstvima. [2]

2.1. PODJELA OTPADA PREMA MJESTU NASTANKA

Komunalni otpad obuhvaća kućanski otpad, otpad koji nastaje čišćenjem javnih površina te otpad sličan otpadu iz kućanstva koji nastaje u gospodarstvu, ustanovama i uslužnim djelatnostima. Redovno se prikuplja i zbrinjava u okviru komunalnih djelatnosti. Udjeli različitih stvari variraju od mjesta do mjesta, ovisno o načinu života, prehrambenim navikama, životnom standardu i količini komercijalnih i industrijskih aktivnosti na tom području. Najčešće se sastoji od papira, plastike, odjeće, metala, stakla, organskih stvari itd., a prvenstveno su stanovnici odgovorni za pravilno postupanje sa komunalnim otpadom pošto su oni proizvođači i vlasnici tog otpada. [3 i 4]

Tehnološki (industrijski) otpad nastaje u proizvodnim procesima u gospodarstvu, ustanovama i uslužnim djelatnostima. U odnosu na komunalni otpad razlikuje se po sastavu, svojstvu i količinama. Za nadzor toka i zbrinjavanje tehnološkog otpada propisane su posebne procedure, kojih se mora pridržavati svaki proizvođač odnosno vlasnik tehnološkog otpada. [3]

Posebne kategorije otpada definirane su Zakonom o održivom gospodarenju otpada [5]. Te kategorije važne su bilo to s aspekta njihove štetnosti po okoliš i zdravlje ljudi ili po količinama koje nastaju. Posebne kategorije čine otpadna ambalaža, otpadne gume, otpadna ulja, otpadne baterije i akumulatori, otpadna vozila, otpadni električni i elektronički uređaji i oprema, otpad koji sadrži azbest, biootpad, otpadni tekstil i obuća, medicinski otpad, otpadni

brodovi, morski otpad, građevni otpad, otpadni mulj iu uređaja za pročišćivanje otpadnih voda, otpad iz proizvodnje titan dioksida, otpadni poliklorirani bifenili i poliklorirani terfenili. [6]

2.2. PODJELA OTPADA PREMA SVOJSTVIMA

Opasan otpad može biti u obliku krutina, tekućina, mulja ili plinova. Sadrži jednu ili više karakteristika koje mogu nanijeti značajnu štetu ljudskom životu i okolišu zato je iznimno važno pravilno upravljati njime kako bismo to izbjegli. Neka od tih svojstava su: zapaljivost, eksplozivnost, korozivnost, radioaktivnost, toksičnost, kancerogenost, svojstvo otpuštanja otrovnih plinova kemijskom reakcijom ili biološkom razgradnjom itd. [2 i 3]

Inertan (neopasan) otpad ne ugrožava okoliš jer ne sadrži tvari koje podliježu značajnim fizikalnim, kemijskim i biološkim promjenama. [2]

3. VAŽNOST TRETMANA KUĆANSKOG OTPADA

3.1. KOLIČINA KUĆANSKOG OTPADA

Svake dvije godine Europska unija daje pregled stvaranja i obrade otpada svih članica te nekoliko zemalja koje nisu članice. Ona se oslanja isključivo na podatke prikupljenim u skladu s Uredbom Europske zajednice br. 2150/2002 Europskog parlamenta i Vijeća o statistici otpada.[7]

Politika gospodarenja otpadom Europske unije (EU) usmjerena je na smanjenje utjecaja otpada na okoliš i ljudsko zdravlje te poboljšanje učinkovitosti EU pri korištenju resursa. Dugoročan cilj je smanjiti količinu stvorenog otpada, a kad je njegovo stvaranje neizbježno, promovirati ga kao resurs i postići višu razinu recikliranja i sigurnog odlaganja otpada. [7]

Sljedeća statistika o stvaranju i obradi otpada odnosi se na godinu 2018 [7]. Ukupni stvoren otpad u zemljama EU i s njom povezanih zemalja, u 2018. iznosio je 2 317 milijuna tona. Stvoreni otpad u odnosu na veličinu populacije u kilogramima po stanovniku za svaku pojedinu članicu EU te njihov zajednički prosjek (EU-27) prikazan je na slici 1.

Kao što je vidljivo na slici 1., prosjek članica je 5 190 kilograma po stanovniku, najveći stvoreni otpad po stanovniku ima Finska, a on iznosi 23 253 kilograma po stanovniku, što je oko četiri i pola puta više od prosjeka članica dok najmanji stvoreni otpad po stanovniku ima Latvija te on iznosi 920 kilograma po stanovniku. U ovoj kategoriji Hrvatska je na pretposljednem mjestu te je u njoj stvoreno 1 355 kilograma otpada po stanovniku tijekom 2018. godine.

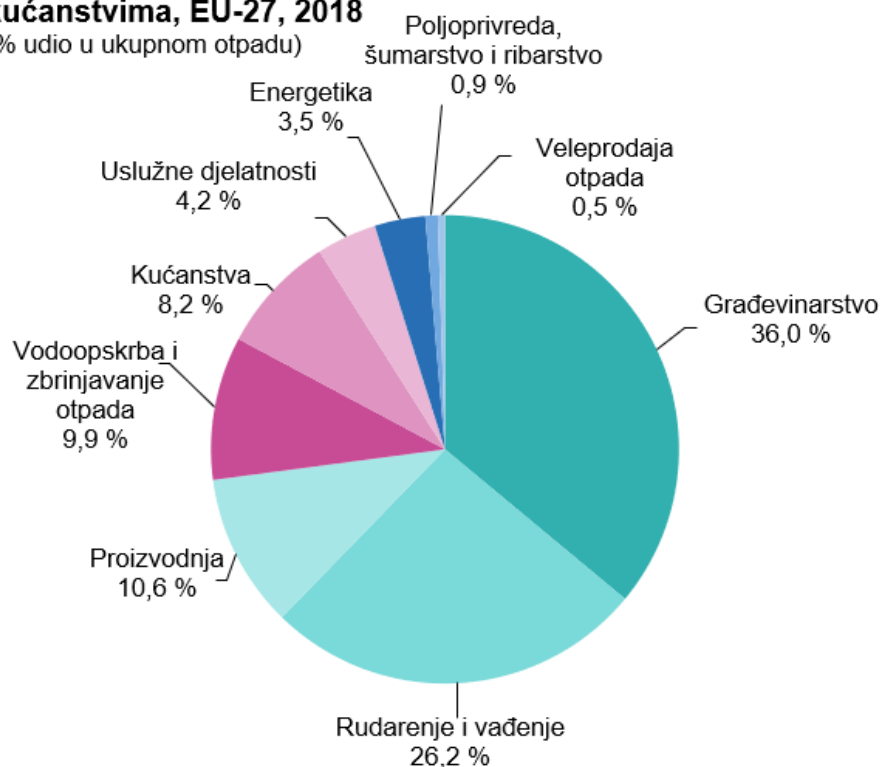
Udio različitih gospodarstvenih djelatnosti i kućanstava u stvaranju ukupnog otpada u 2018. godini u EU, prikazan je na slici 2.



Slika 1. Stvoreni otpad po zemljama Europske unije i s njom povezanih zemalja u 2018. godini [7]

Otpad stvoren u gospodarskim djelatnostima i u kućanstvima, EU-27, 2018

(% udio u ukupnom otpadu)



Slika 2. Stvoreni otpad po gospodarstvenim djelatnostima i u kućanstvu Europske unije u 2018. godini [7]

Kako je prikazano na slici 2., najveći udio u stvaranju ukupnog otpada ima građevinarstvo i ono iznosi 36,0 %, a slijedi ga rudarstvo i vađenje sa 26,2 %. **Kućanstva imaju udio od 8,2 % što bi značilo da u kućanstvu u prosjeku nastane 425,6 kilograma otpada po stanovniku.**

Tablica 1. prikazuje udio različitih gospodarstvenih djelatnosti i kućanstava u stvaranju ukupnog otpada u 2018. godini po svakoj pojedinoj članici EU i s njom povezanim državama.

U tablici 1. se može vidjeti kako **udio kućanskog otpada iznosi od svega 1,6 % pa do skoro 33 % ukupnog otpada u pojedinim članicama EU.** Najmanji udio kućanskog otpada u stvaranju ukupnog otpada svojih država imaju Finska 1,6 %, Luksemburg 2,1 % i Rumunjska 2,1 %, dok najveći udio imaju Latvija sa 32,6 % te Portugal sa 32,8 %. U Hrvatskoj je to 23,3 %, što znači 315,72 kilograma po stanovniku.

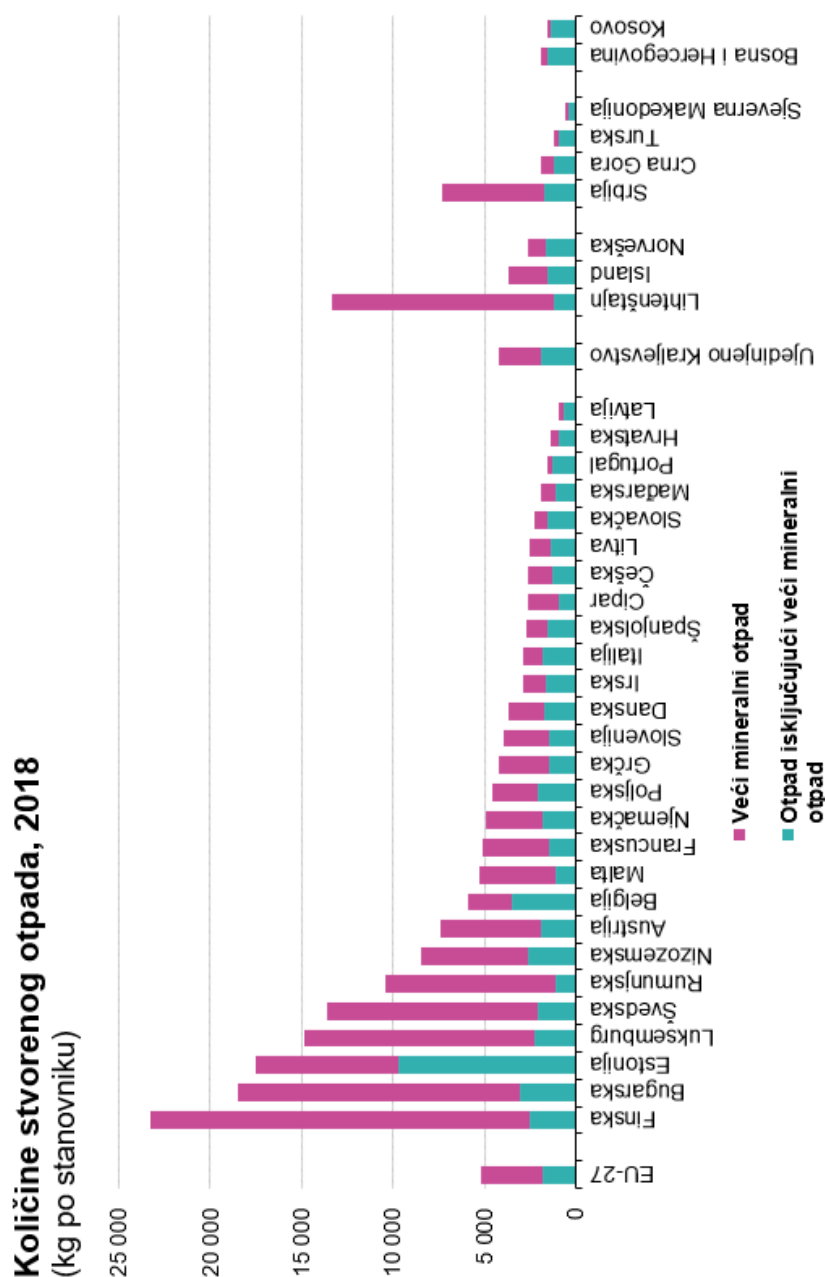
Tablica 1. Stvoreni otpad po gospodarstvenim djelatnostima i kućanstvima za zemlje Europske unije i za s njom povezane države u 2018. godini [7]

Otpad stvoren u gospodarskim djelatnostima i u kućanstvima, 2018							
(% udio u ukupnom stvorenom otpadu)							
	Rudarstvo i vađenje	Proizvodnja	Energetika	Građevinarstv o	Ostale ekonomske aktivnosti	Kućanstva	
EU-27	26,3	10,6	3,5	36,0	15,4	8,2	
Belgija	0,1	24,9	1,2	33,5	33,1	7,2	
Bugarska	82,4	2,0	10,0	0,1	3,1	2,4	
Češka	0,3	18,2	1,8	41,6	24,8	13,3	
Danska	0,0	4,7	5,1	56,0	17,8	16,3	
Njemačka	2,2	13,9	2,3	55,6	16,8	9,2	
Estonija	29,5	18,8	32,3	9,5	7,6	2,4	
Irska	14,2	24,7	1,1	13,6	35,1	11,4	
Grčka	56,4	11,8	7,6	5,0	9,2	10,1	
Španjolska	8,6	10,8	4,6	29,8	28,5	17,7	
Francuska	0,4	6,6	0,4	70,2	13,7	8,7	
Hrvatska	12,0	8,9	1,3	22,7	31,7	23,3	
Italija	0,8	16,5	1,3	35,3	28,7	17,5	
Cipar	6,6	16,3	0,1	45,8	14,5	16,8	
Latvija	0,1	21,7	2,5	17,5	25,7	32,6	
Litva	1,6	37,2	2,1	8,8	30,3	20,0	
Luksemburg	0,0	6,9	0,1	81,2	9,7	2,1	
Mađarska	1,0	14,6	11,2	33,2	25,1	14,9	
Malta	1,6	1,1	0,0	79,3	10,9	7,2	
Nizozemska	0,0	9,6	1,1	70,0	13,3	6,0	
Austrija	0,1	8,7	0,8	74,4	9,3	6,7	
Poljska	36,7	17,0	10,7	9,7	20,6	5,3	
Portugal	0,2	19,0	1,1	8,8	38,1	32,8	
Rumunjska	87,9	4,0	3,4	0,3	2,4	2,1	
Slovenija	0,2	20,2	11,8	8,1	51,9	7,8	
Slovačka	2,2	27,5	7,9	4,4	39,8	18,2	
Finska	74,9	6,7	1,0	12,3	3,5	1,6	
Švedska	74,7	3,7	1,4	8,9	8,0	3,2	
Ujedinjeno Kraljevstvo	5,2	4,0	0,2	48,8	32,4	9,4	
Island	0,0	24,4	0,0	3,9	31,5	40,2	
Lihtenštajn (*)	3,0	2,3	0,0	87,9	1,5	5,4	
Norveška	1,2	12,8	1,5	40,0	27,4	17,1	
Crna Gora	27,4	3,7	27,6	11,3	8,6	21,4	
Sjeverna Makedonija	14,2	46,6	0,5	3,1	35,6	0,0	
Srbija	75,6	3,0	14,7	1,1	2,1	3,6	
Turska	22,3	:	32,6	0,0	8,9	36,1	
Bosna i Hercegovina	8,2	28,1	48,1	1,8	0,2	13,6	
Kosovo	93,5	2,0	3,4	0,1	0,0	1,0	

(*) 2016.

Nekoliko država članica s posebno visokom razinom generiranog otpada po stanovniku izvijestilo je istodobno o vrlo visokim udjelima otpada iz rudarstva i vađenja, dok su u drugima gradnja i rušenje često pridonijele visokim udjelima. Mnogo otpada iz vađenja ruda i kamena te od gradnje i rušenja je klasificirano kao glavni mineralni otpad, a na slici 3. prikazana je analiza koja razlikuje glavni mineralni otpad od svih ostalih otpada. Gotovo dvije trećine ukupnog otpada stvorenog u državama članicama u 2018. godini bio je glavni mineralni otpad. Relativni udio glavnog mineralnog otpada u ukupnom nastalom otpadu znatno se razlikovao između država članica, što može odražavati različite ekonomske strukture. Države članice koje su imale veći udio najvećeg mineralnog otpada bile su one za koje je okarakterizirano da imaju

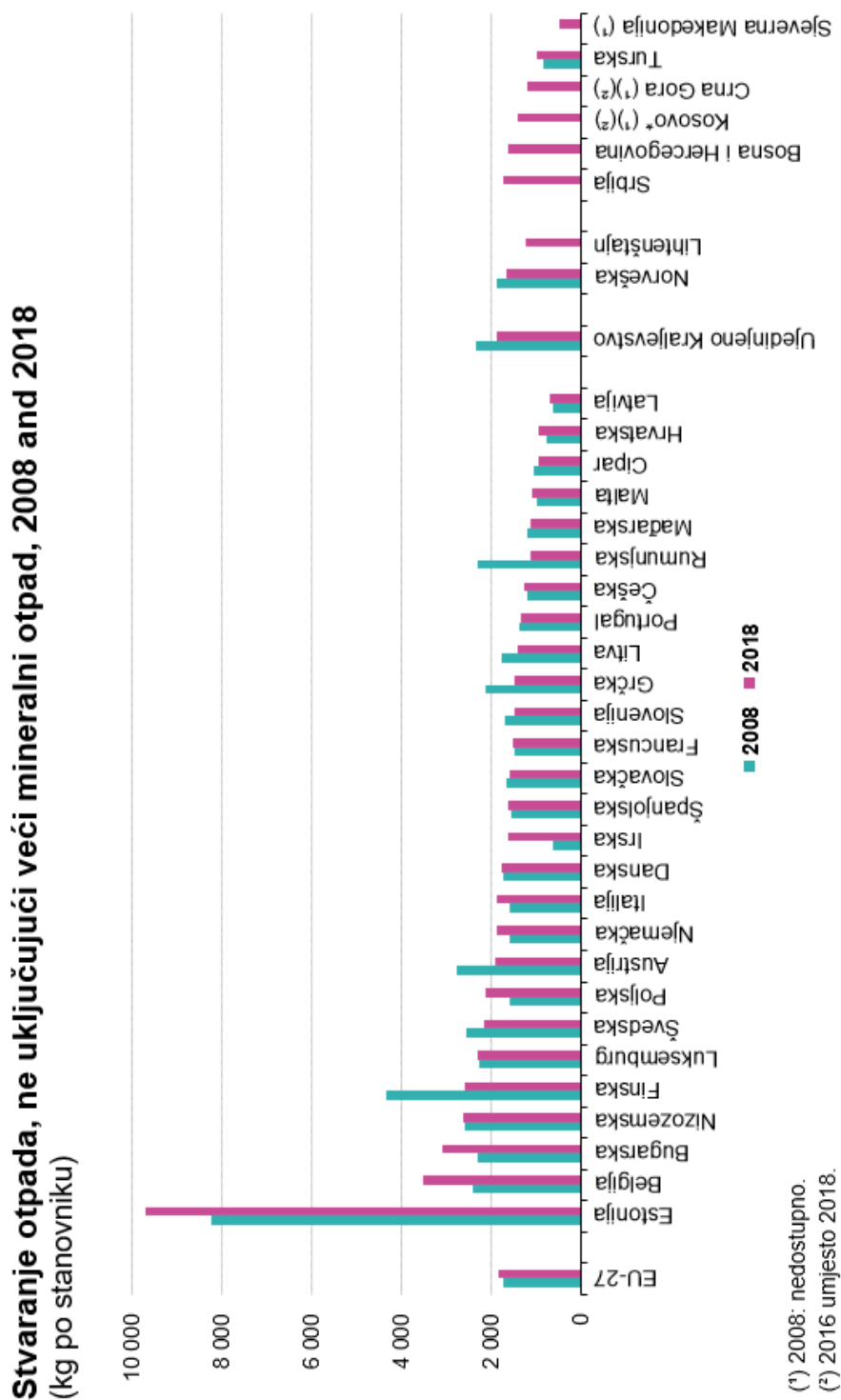
relativno velike rudarske i kamenolomske djelatnosti, poput Finske, Rumunjske, Švedske i Bugarske, i/ili građevinske i ruševne djelatnosti, poput Luksemburga. U tim državama glavni mineralni otpad je iznosio od 82 % do 90 % svih nastalih otpada, u Lihtenštajnu je taj udio bio i veći, čak 91 %. [7]



Slika 3. Stvoreni veći mineralni otpad i otpad koji po prirodi nije veći mineralni otpad po zemljama Europske unije i s njom povezanih zemalja u 2018. godini [7]

Slika 4. prikazuje količine proizvedenog otpada država članica EU i povezanih zemalja u 2018. godini bez glavnog mineralnog otpada: tako je stvoreno ukupno 812 milijuna tona otpada, što je ekvivalentno 35 % sveukupnog proizvedenog otpada. Kada se to izrazi prema veličini populacije, stvoreno je u prosjeku 1,8 tona otpada po stanovniku, isključujući glavni mineralni

otpad. Isključujući glavni mineralni otpad proizvodnja otpada u 2018. godini kretala se od prosječno 9,7 tona po stanovniku u Estoniji pa do manje od jedne tone po stanovniku u Latviji, Hrvatskoj i na Cipru. Velika količina otpada stvorenog u Estoniji povezana je s proizvodnjom energije na bazi uljnih škriljaca. [7]



Slika 4. Stvoreni otpad koji nije veći mineralni otpad po zemljama Europske unije i s njom povezanih zemalja u 2018. godini [7]

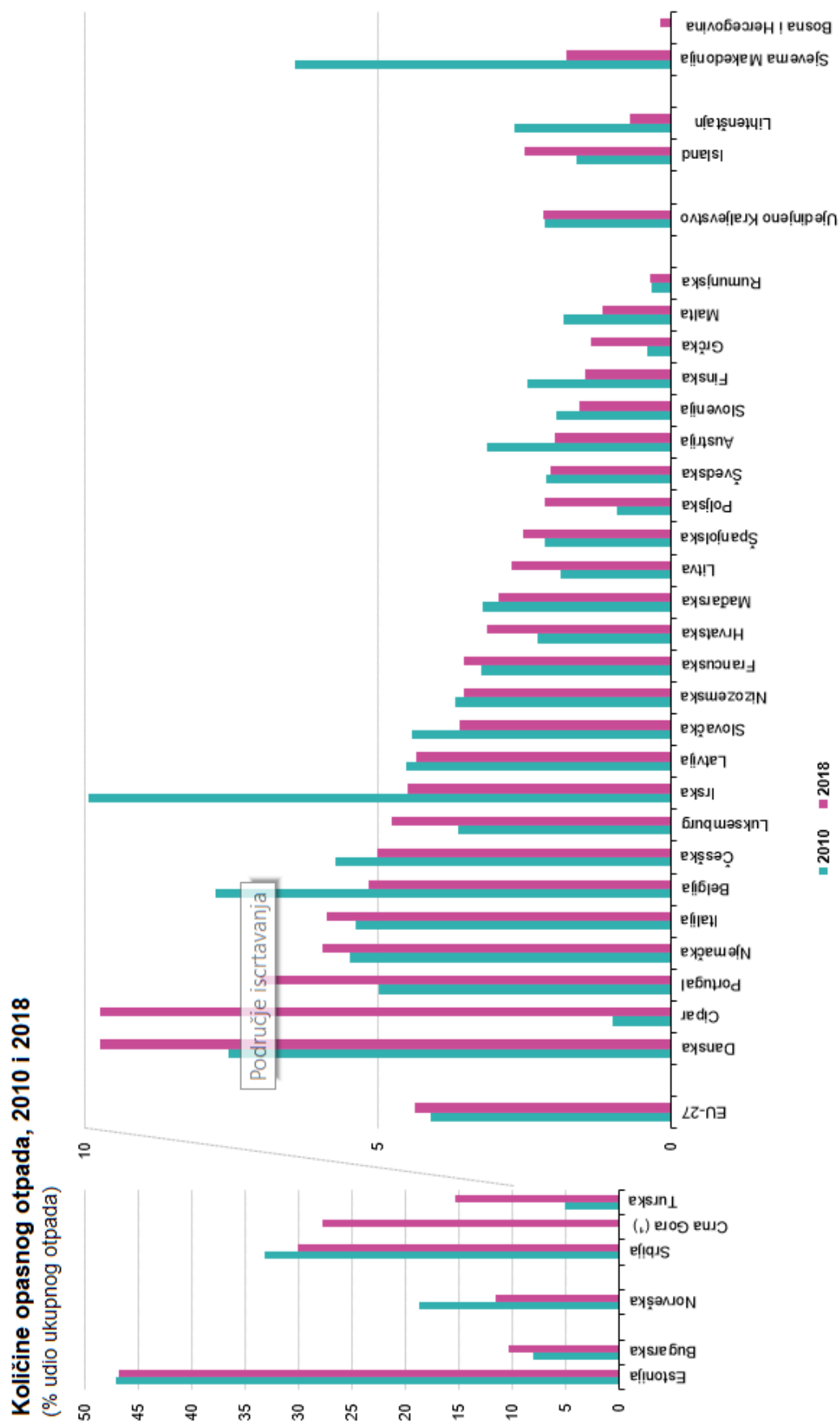
Razvoj stvaranja otpada između 2004. godine i 2018. godine država članica Europske unije isključujući glavni mineralni otpad, analiziran prema gospodarstvenim aktivnostima, prikazan je u tablici 2. U 2018. godini zabilježene su najveće količine stvaranog otpada za usluge vodoopskrbe i zbrinjavanja otpada – 207 milijuna tona, za kućanstva 184 milijuna tona i za proizvodne djelatnosti 180 milijuna tona. Njihov razvoj slijedio je različite obrasce tijekom vremena. Između 2004. i 2018. godine stvaranje otpada od strane usluga otpada i vode povećao se za 175,7 %, za kućanstava povećao za 5,9 % dok se **stvaranje otpada od strane proizvodnih djelatnosti prilično smanjio, za 24,9 %**. [7]

Među otpadom stvorenim u državama članicama EU i povezanim zemljama, u 2018. godini, 101,4 milijuna tona (4,3 % ukupnog otpada) klasificirano je kao **opasan otpad**. U usporedbi s 2010. godinom, u državama članicama nastalo je **11,6 % više** opasnog otpada, što je količinsko povećanje sa 90,8 milijuna na 101,4 milijuna tona. U 2018. godini udio opasnog otpada u ukupnom stvaranju otpada bio je ispod 10 % u svim državama članicama, osim u Estoniji gdje je iznosio 46,9 % pretežno rezultat proizvodnje energije iz uljnih škriljaca te u Bugarskoj gdje je iznosio 10,4 % (Slika 5.). [7]

Tablica 2. Stvoreni otpad koji nije veći mineralni otpad po gospodarstvenim djelatnostima zemalja Europske unije od 2004 do 2018. godine [7]

Količine stvorenog otpada koji nije veći mineralni otpad, EU-27, 2004-2018
(milijuna tona)

	2004	2006	2008	2010	2012	2014	2016	2018	Change 2018/2004 (%)
Total	779,5	789,9	760,5	758,7	758,3	769,0	785,9	811,7	4,1
Poljoprivreda, šumarstvo i ribarstvo	62,3	56,7	45,5	20,2	20,4	17,7	19,9	19,3	-69,0
Rudarstvo i vađenje	10,4	7,1	10,0	7,9	7,5	7,7	7,0	8,1	-22,5
Proizvodnja	239,9	225,8	216,8	190,5	176,5	176,0	179,9	180,2	-24,9
Energetika	85,4	93,3	84,1	78,6	88,8	87,4	75,0	78,4	-8,3
Vodoopskrba i zbrinjavanje vode	75,2	83,3	98,9	129,9	155,4	180,7	195,7	207,5	175,7
Građevinarstvo	34,4	33,4	34,8	42,1	39,8	38,6	37,7	41,2	19,7
Ostali sektori	97,7	111,2	88,8	102,3	88,9	85,1	89,4	92,7	-5,1
Kućanstva	174,1	179,2	181,6	187,2	181,0	175,9	181,4	184,4	5,9



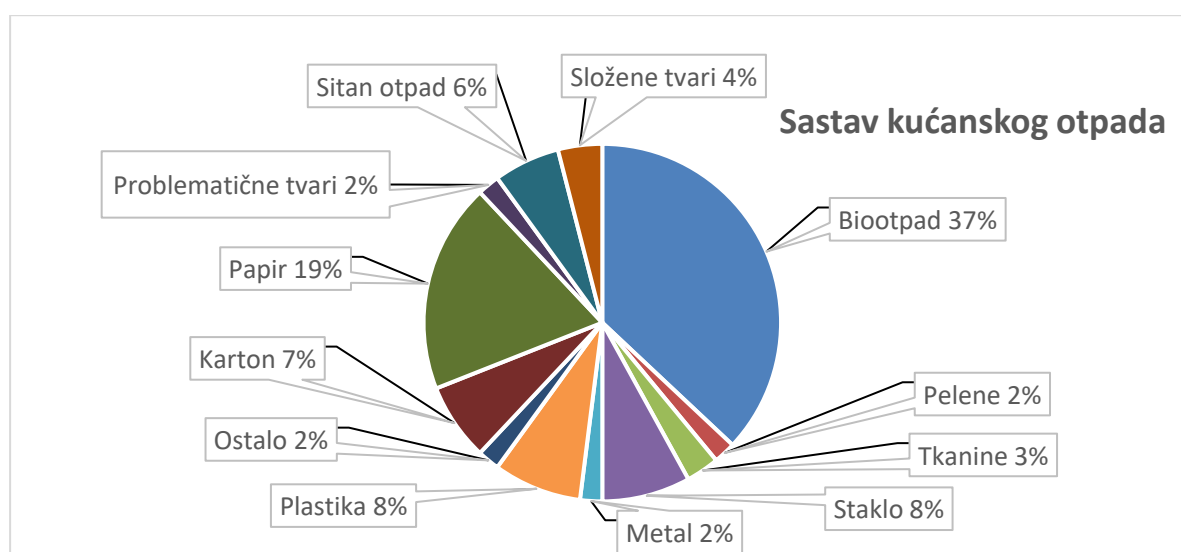
Slika 5. Stvoreni opasni otpad po zemljama Europske unije i s njom povezanih zemalja u 2010. i 2018. godini [7]

3.2. SASTAV KUĆANSKOG OTPADA

Komunalni otpad je jedan od važnijih izazova za okoliš. Sastav komunalnog otpada značajno se razlikuje između lokalnih zajednica (naprimjer općina) i od zemlje do zemlje. Takve varijacije uglavnom ovise o načinu života, ekonomskoj situaciji, propisima o gospodarenju otpadom te industrijskoj strukturi. Količina i sastav čvrstog komunalnog otpada ključni su za utvrđivanje odgovarajućeg rukovanja i gospodarenja tim otpadom. Te informacije su osnova za moguće korištenje čvrstog otpada u proizvodnim pogonima za pretvorbu energije, kao jednom od oblika zbrinjavanja otpada, no ne i najpogodnijem. Na temelju kalorijske vrijednosti i elementarnog sastava komunalnog otpada, inženjeri i znanstvenici mogu odlučiti o njegovoj korisnosti kao gorivu. U međuvremenu te informacije će pomoći u predviđanju sastava plinovitih emisija.

Otpad iz kućanstva čini velik udio u komunalnom otpadu. Prosječni sastav kućanskog otpada u Republici Hrvatskoj može se vidjeti na slici 6. Kao što je prikazano na grafikonu, približno trećinu kućanskog otpada čini biootpad odnosno biorazgradivi otpad. Oko jednu četvrtinu čine papir i karton. Staklene otpadne tvari, i to uglavnom ostaci staklene ambalaže, čine oko 8 %, plastika isto oko 8 %, a težinski postotni udio metala je 2 %. [10]

Teoretski se iz kućanskog otpada može iskoristiti četiri petine otpada [11]. Ostatak od oko 20 % čine sitni otpad, ali i neke potencijalno iskoristive otpadne tvari, kao što su guma, drvo i tekstil. [10]



Slika 6. Sastav kućanskog otpada [10]

3.3. OPASAN OTPAD U KUĆANSTVU – TOKSIČNE SUPSTANCE I RIZICI

Kućanski otpad razumijeva se kao otpad koji nastaje na razini kućanstva, što uključuje ambalažu, organski i anorganski otpad kao i sve kućanske uređaje i ostale potrošne proizvode koje kućanstva odlažu. Opasan otpad iz kućanstva uključuje kemijske proizvode kao što su boje, pesticidi, otapala za čišćenje i ostale tvari koje se mogu zapaliti, reagirati s drugim kemikalijama, eksplodirati ili su korozivne ili toksične odložene od potrošača. Nepravilno odbačeni opasni kućanski otpad zagađuje okoliš, a samim time je štetan i za zdravlje ljudi.

Veći dio komunalnog čvrstog otpada čini kućanski otpad, od čega **četiri ili više posto potencijalno može biti štetno za okoliš i zdravlje ljudi**. Značajan udio zagađivanja vode potječe iz emisijskih plinova kućanskog otpada. Kućanski otpad smatra se opasnim ako se ne prikuplja pravilno ili se njime ne upravlja pravilno, kako u urbanim, tako i u izvangradskim sredinama, što uzrokuje opasnosti po zdravlje i okoliš. [8]

Širom svijeta komunalnim radnicima je dokumentiran niz zdravstvenih problema koji su nastali kao rezultat opasnog kućanskog otpada ili njegovim lošim upravljanjem. Neki od poremećaja i ozljeda na radu su respiratorni problemi, zarazne bolesti, bolesti u mišićima, vrućica, glavobolja, umor, iritacija očiju i kože, plućni problemi, kronični bronhitis, oštećenje mišićno-koštanog sustava i gubitak sluha i druge specifične bolesti. Komunalni radnici u Gani su među najsiromašnijom i najranjivijom skupinom urbanog stanovništva te zemlje. Rade u opasnim uvjetima, često su izloženi opeklinama i posjekotinama na rukama. Ako se kućanski otpad pomiješa s bolničkim otpadom, to može uzrokovati ozbiljne infekcije, uključujući infekciju virusom hepatitisa B među onima koji obrađuju otpad. Istraživanja pokazuju da je veća prisutnost virusa anti-hepatitisa A među radnicima komunalnog otpada nego kod ljudi koji nisu izloženi otpadu. Kućanski opasni otpad ne samo da izravno utječe na ljudsko zdravlje, već i zagađuje podzemne vode i povećava rizik od onečišćenja staništa divljih životinja. U Brazilu značajnu prijetnju okolišu predstavljaju nepravilno odložene baterije i fluorescentne svjetiljke, dok je u Kini pronađena kontaminacija teškim metalima u hrani, kućnoj prašini, poljoprivrednom tlu na području recikliranja e-otpada. [8]

Ranjive skupine, izložene opasnostima koje prenose kućanski otpad, uključuju sakupljače otpada, komunalne i privatne sakupljače otpada, male trgovce otpadom i potencijalno

stanovnike. Privatni sakupljači otpada najveća su i najosjetljivija skupina zbog svoje razine isključenosti i nedostataka zaštitnih mjera pri radu s otpadom. Izloženost upalama dišnih puteva i glukanu može dovesti do opasnosti po zdravlje i radnike koji rade sa otpadom, posebno na privatne sakupljače otpada značajno utječu zbog nesortiranog opasnog kućnog otpada. Kao takvi, privatni sakupljači kućnog otpada i sakupljači otpada imaju rizik od razvoja kroničnih respiratornih simptoma kao što su kašalj, piskanje i kronični bronhitis. [8]

Rastući globalni problem je izloženost ranjivih populacija, uključujući djecu, otpadu, a posebno opasnostima i šteti električnog otpada. Istraživanje zdravstvenim učincima na djecu i trudnice uzorkovanim izloženošću električnom otpadu. Operacije recikliranja električnog otpada mogu uzrokovati višu razinu polikloriranih dibenzo-p-dioksina i dibenzofurana, što može utjecati čak i na zdravlje sljedećih generacija. Djeca koja žive u blizini neformalnih područja za recikliranje, izložena su višim policikličkim aromatskim ugljikovodicima od ostalih, što negativno utječe na njihovu visinu i opseg prsa. Koncentracija dušikovog oksida i dušikovog dioksida je viša od standardne granice smjernica svjetske zdravstvene organizacije na odlagalištima otpada i u blizini, što predstavlja opasnost za zdravlje zajednica u blizini odlagališta otpada. Istraživanje je otkrilo da radnici u gospodarenju otpadom također imaju povećanu učestalost nesreća i problema s mišićno-koštanim sustavom. [8]

Posebno ranjiva područja su ona u kojima se kućni otpad ne sakuplja ili gdje je prikupljanje nedovoljno ili zanemareno. Neformalna naselja suočavaju se s ozbiljnim izazovima zbog nepravilne infrastrukture za gospodarenje otpadom, manjak usluga sakupljanja i neadekvatnog odlaganja otpada. U zemljama s niskim i srednjim dohotkom postoje velike nejednakosti unutar gradova, povezane s odlaganjem i sakupljanjem otpada. Ponekad se otpad sakuplja na razini kućanstva, ali zatim ostaje na mjestima prijenosa bez odvoženja iz susjedstva. Prakse gospodarenja tekućim i čvrstim otpadom u gradskim neformalnim naseljima mogu predstavljati značajne rizike za okoliš i ljudsko zdravlje. Otvoreni odvodi redovito primaju kućni otpad koji može sadržavati opasne tvari, zagađujući širi okoliš i utječući na zdravlje lokalnog stanovništva. Lokalne vlasti često ne pružaju česte usluge odvoza smeća zbog niske raspoloživosti ljudskih i financijskih resursa, velike gustoće naseljenosti i neplaniranih stambenih područja. Otpad koji se odlaže na ulice satima čekajući sakupljanje postaje smetnja, stvarajući smrad i procjedne tekućine iz hrpe otpada, privlačeći insekte i glodavce koji postaju prenositelji bolesti. Nepravilno odlaganje otpada stvara i širi patogene koji se brzo mogu proširiti među ljudskim i životinjskim populacijama u gradu. Visoko koncentrirana procjedna tekućina potencijalno

uzrokuje prijetnje okolišu koje utječu na podzemne vode i okolno okruženje. Također postoji opasnost od eksplozije i požara zbog proizvodnje metana na odlagalištima. [8]

Neformalno odlaganje i ne prikupljeni kućanski otpad na slivovima odvodi se u vodene tokove otjecanjem i često onečišćuje lokalnu pitku vodu. Nedavno istraživanje pokazuje da maksimalno 12,7 od 275 milijuna tona plastičnog otpada ulazi u ocean, stvarajući opasnost za morske ekosustave, što rezultira troškovima od 13 milijardi USD za inicijative za očuvanje mora. Nepravilna praksa gospodarenja otpadom kontaminira oceane i slatkovodna tijela u mnogim dijelovima svijeta. Vegetacija u blizini odlagališta otpada često je oštećena zamjenom kisika drugim plinovima koji nastaju u samim odlagalištima te se šire, što dugoročno uzrokuje smrt biljaka. Istraživanje potvrđuje da biljke umiru zbog različitih mješavina plina nastalih na tipičnim odlagalištima. Tijekom procesa prikupljanja otpada emitira se niz opasnih onečišćujućih tvari (npr. NO_x , SO_x , ugljični dioksid, ozon), što predstavlja potencijalnu opasnost za ljudsko zdravlje i okoliš. [8]

Odlaganje na odlagališta najčešća je metoda zbrinjavanja otpada u zemljama s niskim i srednjim prihodima, a većina odlagališta otvorena je ili „kontrolirana“ odlagališta, dok se malo njih može smatrati sanitarnim odlagalištima. Odlagališta također emitiraju različita onečišćenja zraka. Na primjer, bioplin s odlagališta sadrži približno 48 do 56 % metana, koji, ako nije uhvaćen, pridonosi učinku stakleničkih plinova koji utječe na globalnu klimu. Podzemna voda ispod ili u blizini odlagališta zagađena je zbog niza opasnih i otrovnih otpada i njihovih komponenata koncentriranih u procjednoj tekućini koja je anaerobno fermentirana, a također i zbog odlaganja otpada u visoko propusne aluvijalne sedimente. Uz to, visoka koncentracija ugljičnog dioksida i prisutnost vinil klorida i drugih hlapivih ugljikovodika proizvedenih na odlagalištima mogu uzrokovati onečišćenje podzemne vode zbog svojih karakteristika visoke topljivosti. Koncentracija različitih parametara kao što su kloridi, sulfati, kadmij i krom veća je u vodonosnicima u blizini gradskih odlagališta, što premašuje standardne vrijednosti za pitku vodu. To se može dogoditi zbog različitih čimbenika kao što su mala dubina vodostaja, velika propusnost tla, nepostojanje odgovarajućeg sustava odvodnje za procjedne tekućine, izravan kontakt procjedne tekućine s podzemnom vodom na dnu odlagališta i poluaridni klimatski uvjeti. Istraživanja pokazuju da su u uzrocima podzemne vode u blizini odlagališta prisutne visoke koncentracije ukupnih otopljenih krutina, električne vodljivosti, ukupne lužnatosti, klorida, natrija i olova, koje su više od standardnih granica. U slučaju zemlje s visokim prihodima poput Kanade, benzen toulen, etinbenzen i m-ksilen, p-ksilen, o-ksilen također su otkriveni u podzemnim vodama u blizini prethodnih odlagališta otpada. Utvrđeni su štetni

učinci na okoliš, poput onečišćenja podzemnih voda, uslijed migracije klorida, mangana i kaliformnih bakterija s odlagališta otpada. Kaliformne bakterije množe se kad procjedne tekućine uđu u sustav kisikove podzemne vode. Neki pokazatelji onečišćenja podzemne vode uključuju klor, ugljičnu kiselinu, cink, natrij, amonijak, metale, nikal, krom, bakar, kobalt, željezo itd. Raspršivanje toksičnih onečišćenja s komunalnih odlagališta i odlagališta otpadom podzemnim vodama ugrožava kvalitetu okolnog okoliša. [8]

3.3.1. Boje, ljepila, otapala

Boje su među glavnim izvorima olova u kućanstvima. Izloženost boji na bazi olova obično nastaje gutanjem. Boja na bazi olova ne predstavlja opasnost za zdravlje sve dok se boja ne drobi, ne ljušti ili ne brusi u prašinu. Olovo se može pojaviti u kućanskom otpadu ne samo zajedno sa zaostalim bojama već i zajedno s prašinom koja nastaje tijekom obrade odnosno brušenja zidova, vrata, prozora itd. Upotreba olova u bojama smanjila se zbog strogih ekoloških standarda, dok je u nekim zemljama potpuno zabranjeno korištenje olova u bojama. Danas mnoga tla sadrže nakupljeno olovo tijekom razdoblja kada su boje sadržavale do 10 % olova. Prema istraživanju, kućne boje u Velikoj Britaniji 1990-ih godina sadržavale su samo 0,0135 % olova, dok je u 19. stoljeću taj udio iznosio 14,1 %. Osim toga, dokazana je opasnost upotrebe olova u bojama, što je otkrilo dvostruki višak sadržaja olova u tlima u blizini obojenih kuća u odnosu na neobojene. Štoviše, koncentracija olova u nekim tlima bila je veća od 6 000 mg/kg što je znatno iznad dozvoljene granice koja iznosi od 90 mg/kg pa sve do 1000 mg/kg. Današnje boje sadrže manje olova. Iako je izmjerena koncentracija olova do 1500 mg/kg u bojama koje se koriste u novim zgradama i preko 50 g/kg u starim zgradama. Trenutni sadržaj olova u bojama za kućanstvo obično je manji od 90 mg/kg, iako neke boje mogu sadržavati i do 10 g/kg olova. [9]

U prošlosti se živa široko koristila u bojama, prosječna koncentracija iznosila je 15 mg/kg. Danas je sadržaj žive u bojama strogo ograničen u mnogim zemljama i stoga je vrlo nizak. Pigmenti boje sadrže okside i soli metala kao što su: olovni karbonat, cinkov sulfid, cinkov kromat, olovni kromat i sulfat koji mogu imati udio do 64 % u žutim i crvenim pigmentima, mangan i kromovi oksidi, naftenat olova, olovni oksid najčešće u temeljnim premazima za sprečavanje korozije itd. Boje također sadrže štetne hlapljive tvari. Uključuju diklormetan koji se koristi u nekim ljepilima i kao otapalo; butanon koji se koristi u bojama za inkjet pisače i kao razrjeđivač ili otapalo. Ostala otapala također uključuju benzen, etilbenzen, ksilene i

halogenirane ugljikovodike, etilen glikol. Neke vrste ljepila sadrže i fenol i formaldehid. Prema istraživanju neke boje sadrže pesticide, u tekućinama za uklanjanje boje koriste se butanol, diacetonski alkohol, lakovi za zaštitu drveta sadrže klorirani fenol. [9]

3.3.2. Odpadne baterije

Otpadne baterije uključuju akumulatore i kućanske baterije. Oni su među glavnim izvorima teških metala u kućnom otpadu. Otpadne baterije čine oko 0,02 do 0,25 % ukupne mase kućnog otpada i oko 50 % opasnih komponenata. Različite vrste otpadnih baterija sadrže cink, mangan, živu, bakar, olovo, kadmij, nikal, kiseline. [9]

Mnoge zemlje imaju odgovarajuće zakone o zbrinjavanju otpadnih baterija. Direktiva Europske Unije 2006/66/EC o baterijama i akumulatorima te otpadnim baterijama i akumulatorima obvezuje na postojanje sustava za odvojeno prikupljanje otpadnih baterija. Međutim, mnoge zemlje nemaju učinkovit operativni sustav. Neke zemlje Europske unije imaju značajan udio baterija koje nisu obuhvaćene posebnim sustavima prikupljanja, unatoč zakonodavnim i organizacijskim naporima i zabrinutosti javnosti. Istraživanje u Danskoj pokazuje kako je 39 % baterija u Danskoj pomiješano s kućanskim otpadom. Od 2014. godine samo je oko 40 % baterija prikupljeno u zemljama Europske unije. Štoviše, prema drugom istraživanju, sadržaj teških metala u mnogim baterijama premašuje ograničenja postavljena gore spomenutom direktivom Europske Unije. Detaljna analiza opasnih kemikalija u različitim vrstama baterija razmotrena je u nastavku. Cink-uglične i cink-kloridne baterije sadrže cink od kojega je izrađeno kućište, cink i amonijev klorid se koriste kao elektrolit. Cink-zrak baterije sadrže živu, kalijev hidroksid kao elektrolit te cink kao anodu. [9]

Alkalne baterije sadrže cink za anodu i kalijev hidroksid kao elektrolit. Srebrno-cinkove baterije sadrže cink kao anodu, kalij ili natrijev hidroksid kao elektrolit. Srebrno-oksidge baterije sadrže cink, bakar, živu, nikal i kalijev hidroksid kao elektrolit. Litij baterije sadrži litij kao anodu, litij tionil-klorid, litijev vanadij pentoksid, litij sumporni dioksid, litij molibdenov trioksid, bakar litij fluorid, srebro litij kromat ili bakar litijev sulfid za elektrolit, litij kobalt oksid, litij-mangan-oksidge i litij-željezov fosfat za katode. Litij-manganske baterije sadrže litij (anoda), krom, nikal ili dimetoksietan (kruti elektroliti). Olovne baterije sadrže olovo (anoda), olovni oksidge (katoda), sulfatnu kiselinu (elektrolit). Alkalni akumulatori željezo-nikal sadrže nikal-hidroksidge (katoda). [9]

Akumulatori nikal-kadmij sadrže anodu od kadmija ili kadmij hidroksida, katodu od nikal oksid hidroksida u katodi, kalij i litij hidroksid kao elektrolite. Akumulatori nikal-metal-hidrid sadrže nikal-oksidi (katoda), kalijev hidroksid (elektrolit), kobalt, cink. Akumulatori nikal-cink sadrže cink (anoda), nikal-oksidi (katoda), kalij i litijev hidroksid (elektroliti). Srebrno-cinkove baterije sadrže kalijev hidroksid (elektrolit). [9]

3.3.3. Fluorescentne svjetiljke i ostali otpad koji sadrži živu

Mnoge zemlje nemaju zasebno odlaganje fluorescentnih svjetiljki i ostalih materijala koji sadrže živu iz domaćinstava. Stoga se ovaj otpad lako ispušta u okoliš zajedno s ostalim kućnim otpadom. Jedna fluorescentna žarulja, kod kompaktne svjetiljke za kućanstvo, sadrži od 3 do 6 mg žive, a kod industrijske linearne žarulje od 50 do 120 mg žive. Opasnost od žive velika je zbog velike brzine isparavanja. Koncentracija živine pare u sobi ovisi o brzini područja isparavanja zračnih tokova iznad površine žive, uvjetima površine žive, temperaturi zraka i ostalim čimbenicima. Poznato je da je brzina isparavanja metalne žive $0,002 \text{ mg}/(\text{cm}^2 \cdot \text{h})$ pri temperaturi od $20 \text{ }^\circ\text{C}$. Međutim, povećava se za otprilike 15 do 18 puta na temperaturi od 35 do 40°C . Kad se razbije fluorescentna svjetiljka koja sadrži 80 mg žive, nastaje više od 11 000 živinih kuglica promjera 0,01 cm i ukupne površine $3,445 \text{ cm}^2$. U prostoriji veličine 60 m^3 , koncentracija žive doseći će polovinu dnevne granice za zrak u kućanstvu jedan sat nakon nesreće na temperaturi od 20°C . Kućanski termometri obično sadrže od 500 do 600 mg žive. Također, olovni oksidi nalaze se u olovno-silikatnom staklu koje se koristi u fluorescentnim žaruljama. [9]

3.3.4. Električni i elektronički otpad

Električni i elektronički otpad je relativno nova komponenta kućnog otpada s brzo rastućom količinom u cijelom svijetu. Električna i elektronička oprema uključuje kućanske uređaje, telekomunikacijske uređaje, računala, uredsku opremu, telefone, kamere, radio uređaje, rasvjetnu opremu, električne alate, igračke s električnim ili elektroničkim komponentama i druge automatske uređaje. Velike količine takve vrste otpada nastaju uslijed brzog tehničkog napretka. To rezultira **kratkotrajnim korištenjem tehnologije uz istovremeno povećanje proizvodnje, a time i povećanje količine otpadne opreme.** [9]

U plastici električnog i elektroničkog otpada pronađeni su polistiren (42 %), akrilonitril-butadien-stiren kopolimer (38 %) i polipropilen (10 %). Preostalih 10 % uključuje polietilen, polivinilklorid i druge polimere. Polimerne električne i elektroničke komponente sastoje se od sintetičkih makromolekularnih spojeva. U proizvodnji ovih sintetičkih tvari široko se koriste vezivne tvari, plastifikatori i punila. Ta se veziva mogu ispuštati u okoliš. Električna i elektronička plastika može ispuštati puno štetnih tvari pod određenim uvjetima okoliša (ultraljubičasto zračenje, temperatura, vlaga). Tu spadaju proizvodi raspadanja, zaostale količine kemikalija male molekularne mase (monomeri, plastifikatori, otapala, bojila, stabilizatori, itd.) koje imaju biološku aktivnost i teški metali (krom, kositar i antimon). [9]

Glavna onečišćenja okoliša iz otpada električne i elektroničke opreme stvaraju teški metali (uglavnom olovo, živa, kadmij i šesterovalentni krom) i usporivači plamena: polibromirani bifenili i polibromirani difenil eteri. Spojevi arsena široko se koriste kao poluvodiči u kućanskim aparatima. Kobalt se koristi u nekim keramičkim materijalima u medicinskim uređajima, barij se nalazi u velikim količinama u katodnim cijevima i digitalnim fotoaparatima. S vremenom se dehidrokloriranje odvija u polimerima na bazi polivinil klorida. Taj se postupak pojačava na 50 do 80°C i oslobađaju se vrlo otrovni klorirani poliaromatski spojevi. Osim toga, spojevi olova, kadmija, kroma, žive, broma, kositra i antimona se dodaju u plastiku mobilnih telefona kao pigmenti, usporivači, punila ili stabilizatori. Mobilni telefoni također sadrže bakar na spojevima s galvanskim pločama i cink za premaz metalnih dijelova. [9]

Mnogi poluvodiči koji se koriste u gotovo svim električnim ili elektroničkim uređajima sadrže spojeve kadmija i arsena. Tranzistori sadrže spojeve olova, a kondenzatori sadrže poliklorirane bifenile kao i spojeve cinka. Većina kabela za napajanje sadrži bakar, olovo i bromirane usporivače. Mnogi električni i elektronički uređaji uključuju baterije, još jednu opasnu komponentu. Prema istraživanjima drugi izvori opasnih tvari su tiskane pločice koje uglavnom sadrže olovo, krom, kositar i antimon, nikal, arsen, usporivače koji sadrže brom, ftalate i fenol koji su u manjim količinama, zatim ekrani s tekućim kristalima sadrže arsen, stari monitori, patrone i toneri za pisane sadrže poliaromatske ugljikovodike, dietilen glikol, pirolidone i furane. Svjetiljke s pozadinskim osvjetljenjem monitora i mrežnih prekidača sadrže luminofore sa živom. [9]

Ponekad se koriste i halogen derivat tekućine za hlađenje. Neki od potencijalno opasnih usporivača gorenja nisu na popisu zabranjenih. Tu spadaju klorirani parafini, tetrabromobisfenol A koji se koristi u epoksidnim i polikarbonatnim smolama i heksabromociklododekan koji se koristi u audio i video opremi, kabelima itd. U otpornim

vodenim bojama kao i u PVC plastici koriste se ftalati kao plastifikatori. U premazima električne opreme koriste se kemikalije nonilfenol i njegovi derivati, u optičkim uređajima, laserskim cijevima se koriste spojevi berilija. U posebnom staklu za uređaje koriste se aditivi kao što su antimonov oksid, arsenov oksid i nikal-oksidi, u keramičkim dijelovima električne opreme koristi petrolatum. [9]

3.3.5. Sredstva za čišćenje

Mnogi proizvodi za čišćenje sadrže agresivne tvari: fosfati, klor, tenzidi, natrijev hidroklorid, fenoli, krezoli, nitrobenzen, formaldehid itd.. Neki proizvodi za čišćenje također sadrže butanon, trikloretilen i tetrakloretilen koji se koriste kao otapala i razrjeđivači. Dietilen glikol i nitrobenzen se nalaze u proizvodima za poliranje površina, kao i aceton i toluen u proizvodima za uklanjanje mrlja. Sredstva za izbjeljivanje sastoje se od natrij hipoklorita ili kalcijevog hipoklorita, proizvodi za čišćenje cijevi sadrže natrijev trifosfat, klorovodičnu kiselinu i natrijev hipoklorit. Sredstva za uklanjanje kamenca su smjese agresivnih kiselina (klorovodična, fosforna i oksalna kiselina). Opuštanje ostataka proizvoda za čišćenje u okoliš može se dogoditi izravno prilikom izlivanja ili zajedno s ostalim otpadom iz kućanstva. Tamo gdje se ne primjenjuje pročišćavanje otpadnih voda iz domaćinstva, te se tvari ispuštaju u okoliš i zagađuju podzemne vode. [9]

3.3.6. Medicinski otpad

Ova vrsta otpada uključuje lijekove kojima je istekao rok trajanja, zavoje i rabljene šprice. Prema zahtjevima, medicinski otpad treba spaljivati kako bi se izbjeglo biološko zagađenje okoliša. Međutim, medicinski otpad u kućanstvima uglavnom se sakuplja zajedno s ostalim kućnim otpadom. [9]

3.3.7. Ostaci pesticida i gnojiva

Ovo nije vrlo česta, ali vrlo opasna komponenta otpada. Takvi se ostaci mogu pojaviti u kućnom otpadu na selu gdje je poljoprivreda široko rasprostranjena. Pesticidi sadrže tvari izuzetno opasne za žive organizme. Uključuju neionske površinski aktivne tvari (akrilni esteri polioksietilena) ili njihove smjese s ionskim tenzidima (alkil benzen sulfonati); stabilizatori (natrij/kalcij alkil sulfonati); teški metali (olovni arsena, živin fenil-klori, spojevi kroma itd.).

Kemijska osnova cijele skupine pesticida su opasni spojevi koji sadrže sumpor i organofosfor. Osim toga, dioksini nastaju zbog transformacije pesticida u okolišu. Većina anorganskih gnojiva sadrži visoke koncentracije spojeva teških metala. Primjerice, u fosfatnim gnojivima se nalazi do 30mg/kg kadmija. Krom i cink se također nalaze u gnojivima. Gnojiva su također poznata kao izvor stvaranja nitrata, nitrita i fosfata u okolišu. [9]

3.3.8. Sredstva za osobnu higijenu

Proizvodi za osobnu higijenu (uključujući sapune, šampone, kreme, gelove, kozmetiku i mnoge druge proizvode) često sadrže velik broj različitih kemikalija (konzervansi, arome, antioksidanti itd.) kako bi se postigla željena svojstva. Neki od ovih spojeva potencijalno su opasni za čovjeka izravnim kontaktom i pri ispuštanju u okoliš mogu predstavljati značajan rizik za okoliš. Identificirano je da osam kemikalija čija koncentracija u proizvodima za osobnu higijenu prelazi dozvoljenu granicu te predstavlja potencijalnu opasnost: titan dioksid, polidimetilsiloksan, cinkov oksid, butilirani hidroksitoluen, dietil ftalat, oktil metoksicinamat, butilparaben i triklozan. [9]

Ostale potencijalno opasne tvari u mnogim proizvodima za osobnu higijenu su sljedeće: benzofenon-3, metil-paraben i etil-paraben,, teški metali (uglavnom olovo i kadmij u kremama), natrijev benzoat, natrijev lauril sulfat itd.. Aerosoli sadrže klorofluorougjike. [9]

4. ZAKON O ODRŽIVOM GOSPODARENJU OTPADOM

Svaka država ima svoje zakone o gospodarenju otpadom unutar države, tako i Republika Hrvatska. U srpnju 2013. godine Hrvatski sabor na sjednici je donio Zakon o održivom gospodarenju otpadom [12]. Nekoliko bitnih članaka tog zakona za kućanski otpad dano je u nastavku.

Članak 35.

- (1) Jedinica lokalne samouprave izvršava obvezu odvojenog prikupljanja problematičnog otpada, otpadnog papira, metala, stakla, plastike i tekstila te krupnog (glomaznog) komunalnog otpada na način da osigura:
- a. funkcioniranje jednog ili više reciklažnih dvorišta, odnosno mobilne jedinice na svom području
 - b. postavljanje odgovarajućeg broja i vrsta spremnika za odvojeno sakupljanje problematičnog otpada, otpadnog papira, metala, stakla, plastike i tekstila, koji nisu obuhvaćeni sustavom gospodarenja posebnom kategorijom otpada, na javnoj površini,
 - c. obavještanje kućanstava o lokaciji i izmjeni lokacije reciklažnog dvorišta, mobilne jedinice i spremnika za odvojeno sakupljanje problematičnog otpada, otpadnog papira, metala, stakla, plastike i tekstila i,
 - d. uslugu prijevoza krupnog (glomaznog) komunalnog otpada na zahtjev korisnika usluge.

Članak 54.

- (1) Otpad koji je određen da se smatra posebnom kategorijom otpada mora se odvajati na mjestu nastanka, odvojeno sakupljati i skladištiti u skladu s načinom propisanim propisom kojim se uređuje gospodarenje posebnom kategorijom otpada.

(2) Do 1. siječnja 2015. Republika Hrvatska će putem nadležnih tijela osigurati odvojeno sakupljanje sljedećih vrsta otpada: papir, metal, plastika i staklo, električni i elektronički otpad, otpadne baterije i akumulatori, otpadna vozila, otpadne gume, otpadna ulja, otpadni tekstil i obuća i medicinski otpad.

Članak 55.

(1) Do 1. siječnja 2020. Republika Hrvatska će putem nadležnih tijela osigurati pripremu za ponovnu uporabu i recikliranje sljedećih otpadnih materijala: papir, metal, plastika i staklo iz kućanstva, a po mogućnosti i iz drugih izvora ako su ti tokovi otpada slični otpadu iz kućanstva, u minimalnom udjelu od 50 % mase otpada.

5. KRUŽNO GOSPODARSTVO

Kružno gospodarstvo je model proizvodnje i potrošnje koji uključuje dijeljenje, posudbu, ponovno korištenje, popravljanje, obnavljanje i reciklažu postojećih proizvoda i materijala što je dulje moguće kako bi se stvorila dodatna – duža – vrijednost proizvoda. Na ovaj način produljuje se životni vijek proizvoda te istovremeno smanjuje količina otpada. Upravljanje životnim ciklusom prirodnih resursa, od ekstrakcije sirovina preko dizajna i proizvodnje proizvoda, do onoga što se smatra otpadom ključno je za tzv. zeleni rast i dio razvoja resursno učinkovite, kružne ekonomije u kojoj se ništa ne troši. Tzv. pametniji dizajn koji omogućuje popravak, ponovnu uporabu, preradu i ponovno recikliranje proizvoda trebao bi postati norma. [13 i 14]



Slika 7. Kružno gospodarstvo [9]

Ipak, čak i ako se bolje i više reciklira, prirodne sirovine će i nadalje imati važnu ulogu u ekonomiji. Zakoni i politika EU-a, naprimjer o procjenama utjecaja na okoliš i ekstraktivnim aktivnostima poput rudarstva, mogu pomoći u smanjenju utjecaja istraživanja, vađenja, proizvodnje i gospodarenja otpadom tih sirovina na okoliš. [15]

Da bi EU ostala konkurentna i sačuvala okoliš, prirodni resursi trebaju se koristiti na najučinkovitiji način i bez iscrpljivanja resursa planeta. Reciklirani otpad može se ubrizgati natrag u gospodarstvo kao sekundarna sirovina. EU radi na tome da to olakša te ostavi puni potencijal tih materijala. [15]

U kružnom gospodarstvu otpad koji se može reciklirati vraća se natrag u gospodarstvo kao sekundarna sirovina. Ovim se materijalima može trgovati i otpremati jednako kao i primarnim sirovinama, ali trenutno još uvijek čine veoma mali udio materijala koji se koriste u EU. Da bi se povećala količina i kvaliteta sekundarnih sirovina mora se poboljšati gospodarenje otpadom, na primjer u smislu postrojenja za odvojeno sakupljanje, sortiranje i recikliranje otpada. Europska komisija želi razviti standarde za sekundarne sirovine na razini cijele EU kako bi industrije koje ih žele koristiti više mogle biti sigurne u njihovu kvalitetu. Prepreka u korištenju sekundarnih sirovina je ta što određene štetne kemikalije ostaju prisutne u reciklažnim tokovima. EU osigurava da dobiju ograničenja ili zabranu ali stariji proizvodi koji sadrže takve kemikalije i dalje mogu završiti u reciklažnim centrima. Stoga komisija radi na poboljšanju praćenja kemikalija u proizvodima i pojačavanju ciklusa netoksičnih materijala. [15]

Prosjeck recikliranja otpada članica EU 2018-te godine je 38,1 %, dok je čak 45,1% otpada završilo na odlagalištima. Europa si ne može priuštiti da toliki udio otpada završi na odlagalištima, time gubi ključnu priliku za poboljšanje učinkovitosti svojih resursa. Sprječavanje da materijali i proizvodi što duže postanu otpadom i pretvaranje otpada koji se ne može izbjeći u resurse ključni su koraci za postizanje kružnijeg gospodarstva. Time se može potaknuti rast, otvoriti nova radna mjesta, pomoći u smanjenju emisija stakleničkih plinova itd. [16]

Politika EU o otpadu pruža okvir za poboljšanje gospodarenja otpadom, poticanje inovacija u odvojenom prikupljanju i recikliranju otpada, ograničavanje upotrebe odlagališta i stvaranje poticaja za promjenu ponašanja potrošača. Cilj joj je također smanjiti stvarnu količinu nastalog otpada i količinu štetnih tvari koje sadrži. [16]

Radi zaštite okoliša i zdravlja ljudi, Okvirna direktiva EU o otpadu ima dva ključna cilja, spriječiti i smanjiti negativne učinke nastale stvaranjem i gospodarenjem otpadom te poboljšati

učinkovitost resursa. Direktiva definira takozvanu „hijerarhiju“ koju države članice EU trebaju primjenjivati u gospodarenju otpadom. [16]



Slika 8. Hijerarhija otpada [16]

Prevenција otpada to jest izbjegavanje nastajanja otpada u prvom redu znači korištenje manje materijala to jest resursa za izradu proizvoda. Dobro upravljanje otpadom započinje sprečavanjem otpada koji se uopće proizvodi, što nije proizvedeno ne mora se zbrinuti. Prevenција otpada postaje sve više i više važna kako se globalno stanovništvo povećava i sve više iskorištavamo našu konačnu opskrbu prirodnim resursima. Međutim, ovo je vrlo izazovan koncept jer je veoma teško nešto izmjeriti što, prema definiciji, nikada nije postojalo. Jedan od ključnih alata koji se koristi za poticanje prevencije otpada je ekološki dizajn, koji se fokusira na aspekte okoliša tijekom faza koncepcije i dizajna proizvoda. Ekološki prihvatljivi proizvodi trebali bi biti izrađeni od recikliranih sekundarnih sirovina i trebalo bi izbjegavati uporabu opasnih tvari. Ovi bi proizvodi trebali trošiti manje energije prilikom korištenja i trebali bi imati mogućnost recikliranja nakon što su odbačeni. Prevenција otpada usko je povezana s poboljšanjem proizvodne metode i utjecaja na potrošače tako da zahtijevaju zelenije proizvode i manje ambalaže. Mnoge države članice EU rade kampanje za podizanje svijesti radi edukacije javnosti i poticanja potrošača da traže robu koja će proizvesti manje otpada i potaknuti stvaranje više resursno učinkovito tržište. [17]

Ponovna uporaba uključuje ponovljenu uporabu proizvoda i komponenata za istu svrhu za koji su zamišljeni. Hladnjaci, patrone tinti i računalni pisači, na primjer, svi se mogu obnoviti za ponovnu upotrebu. Ponovna upotreba proizvoda ili materijala poput odjeće i namještaja koji bi inače postali otpad ima socijalne, ekonomske i ekološke koristi, stvarajući radna mjesta i

čineći proizvode dostupnima potrošačima koji ih ne moraju nužno kupiti. Mnoge države članice uvode politike koje potiču ponovnu upotrebu i tržište ponovno korištene robe. [17]

Recikliranje je postupak pretvaranja otpadnih materijala u nove materijale i predmete. Mogućnost recikliranja materijala ovisi o njegovoj sposobnosti da ponovno stekne svojstva koja je imao u svom izvornom stanju. To je alternativa odlaganju otpada na odlagališta koja može uštedjeti materijal i pomoći u smanjenju emisija stakleničkih plinova. Recikliranjem se može spriječiti rasipanje potencijalno korisnih materijala i smanjiti potrošnja primarnih sirovina, čime se smanjuje: potrošnja energije, onečišćenje zraka (od spaljivanja) i zagađenje vode (od deponiranja). Veliki dio otpada koji bacimo može se reciklirati. Recikliranjem se smanjuje količina otpada koji završava na odlagalištima, dok se istovremeno smanjuje količina materijala potrebnog iz prirodnog okoliša. To je važno jer Europa ovisi o uvozu primarnih sirovina, a recikliranje osigurava industriji EU osnovne zalihe oporabljene iz otpada poput papira, stakla, plastike i metala, kao i plemenite metale iz korištenih elektroničkih uređaja. EU želi osigurati da se otpad koristi kao sirovina za izradu novih proizvoda gdje god je to moguće. Recikliranje također štedi energiju: recikliranje aluminijske limenke, na primjer, štedi oko 95 % energije potrebne za izradu nove limenke iz sirovine. [17 i 18]

EU je postavila ciljeve recikliranja mnogih vrsta otpada, uključujući stara vozila, elektroničku opremu, baterije i ambalažu, komunalni otpad i otpad od građevinskih aktivnosti i rušenja. Države članice naporno rade na uspostavljanju sustava kako bi osigurale postizanje tih ciljeva. Ti sustavi uključuju proširenu odgovornost proizvođača, što proizvođače čini odgovornima za cjelokupni životni ciklus proizvoda i ambalaže koje proizvode, uključujući posljednju fazu životnog ciklusa proizvoda, kada on postane otpad. [17]

Pojedinci imaju vrlo važnu ulogu. U mnogim državama članicama od kućanstava se traži da svoj otpad razdvoje na različite vrste materijala (papir, staklo, plastika, metal, vrtni otpad i tako dalje). Ovaj pristup pomaže osigurati da se na kraju postupka recikliranja proizvede najviša moguća kvaliteta materijala. To maksimizira vrijednost materijala i povećava broj proizvoda koji se od njih mogu napraviti. [17]

Suvremena postrojenja za spaljivanje otpada mogu se koristiti za proizvodnju električne energije, pare i grijanja zgrada. Otpad se također može koristiti kao gorivo u određenim industrijskim procesima. [17]

Loše ili nepotpuno sagorijevanje otpadnih materijala može prouzročiti štetu okolišu i ljudskom zdravlju ispuštanjem opasnih kemikalija, uključujući dioksidi i kisele plinove. Da bi

se ostvarilo potpuno sagorijevanje otpadnih materijala, spalionice moraju spaljivati otpad pod kontroliranim uvjetima i na dovoljno visokim temperaturama. Ako se emisije opasnih tvari ne mogu spriječiti, moraju se poduzeti dodatne mjere za smanjenje ispuštanja u okoliš. [17]

Iz tih razloga Europska unija postavila je ekološke standarde za postrojenja za spaljivanje i suspaljivanje. Ti standardi pomažu osigurati da se štetnosti na okoliš minimiziraju dok se koristi maksimiziraju prilikom spaljivanja otpada. Standardi propisuju granične vrijednosti emisija iz postrojenja i zahtijeva se njihovo praćenje. Također zahtijeva se povrat sve proizvedene topline, koliko je to moguće, i postavljaju pragove za energetske učinkovitost spalionica komunalnog otpada. [17]

Oporaba energije spaljivanjem često nije najučinkovitiji način upravljanja korištenim materijalima, posebno onima koji se teško sagorijevaju ili koji oslobađaju kemikalije na visokim temperaturama. Države članice potiču se da razmišljanjem o životnom ciklusu odvagnu moguće ekološke prednosti i nedostatke pri odluci hoće li spaliti otpad. [10]

Biootpad (vrtni, kuhinjski i prehrambeni otpad) čini otprilike jednu trećinu otpada koji bacamo kod kuće - to je oko 88 milijuna tona u Europi svake godine. U prosjeku 40 % biološkog otpada u EU odbacuje se na odlagališta. Međutim, biootpad značajno obećava kao obnovljivi izvor energije i reciklirani kompost. Energija obnovljena u obliku bioplina ili toplinske energije može pomoći u borbi protiv klimatskih promjena. [17]

Prema procjenama, oko jedne trećine cilja EU za obnovljive izvore energije u prometu moglo bi se postići korištenjem bioplina proizvedenog iz bio-otpada, dok bi se oko 2 % ukupnog cilja EU-a za obnovljivu energiju moglo postići ako bi se sav biootpad pretvorio u energiju.

Kompost napravljen od biootpada također može poboljšati kvalitetu naših tla, zamjenjujući neobnovljiva gnojiva. [17]

Odlagalište je najstariji oblik obrade otpada i najmanje je poželjna opcija zbog mnogih potencijalnih štetnih učinaka koje može imati. Najozbiljnija od njih je proizvodnja i ispuštanje u zrak metana, snažnog stakleničkog plina koji je 25 puta snažniji od ugljičnog dioksida. Metan se može nakupiti na masi odlagališta i izazvati eksplozije. [17]

Osim metana, razgradnja biorazgradivog otpada na odlagalištima može ispuštati kemikalije poput teških metala što rezultira otjecanjem koje se naziva procjedne vode. Ova tekućina može kontaminirati lokalne podzemne vode i površinske vode i tlo, što može predstavljati rizik za javno zdravlje i okoliš. [17]

Svijest o tim rizicima rezultirala je pozivima na zakonodavstvo na europskoj razini. Prema zakonodavstvu EU-a, tijela za zaštitu okoliša odgovorna su za izdavanje dozvola, provođenje inspekcija i osiguravanje ispunjavanja standarda. Direktiva o odlagalištu otpada obvezuje države članice da do 2020. smanje količinu biorazgradivog otpada na kojem se odlažu na 35 % od razine iz 1995. godine, što će značajno smanjiti problem proizvodnje metana. Uz to, plin metan mora se sakupljati na odlagalištima i, ako je moguće, koristiti za proizvodnju energije. [17]

Zakonodavstvo EU o odlaganju otpada od velike je važnosti. Tisuće odlagališta otpada ispod standarda zatvorene su diljem Europe, a količina komunalnog otpada odloženog na odlagališta otpada od 1995. za više od 25 %. Međutim, dok nekolicina država članica odlaže samo mali dio svog otpada, ovo je i dalje najčešći oblik zbrinjavanja komunalnog otpada u većini država članica. [17]

6. ORGANIZACIJSKO-TEHNIČKI SUSTAV RAZVRSTAVANJA OTPADA

Razvrstavanje otpada je odvajanje otpada po vrstama kako bi se olakšala njegova obrada (recikliranje, kompostiranje, upotreba u proizvodnji energije itd.), što je kvalitetniji proces sortiranja to će biti i kvalitetnija obrada. Razvrstavanje se može odvijati ručno u kućanstvu koristeći različite kante za različite vrste otpada i sakuplja se uz rub ograde ili kolnika ili se razvrstava automatski u postrojenjima za razvrstavanje otpada. [19]

Otpad se najčešće dijeli na: [19]

- papir
- staklo
- plastiku
- tekstil
- metal
- drvo, kožu, gumu
- biootpad
- opasan otpad
- ostali otpad.

Svaki centar za gospodarenje otpadom (CGO) mora sadržavati postrojenje za sortiranje. To je građevina s pogonom (postrojenjem) gdje se odvija postupak razdvajanja otpada.

Postrojenja za sortiranje otpada oblikovana su u ovisnosti o načinu na koji otpad dolazi u postrojenja. Postrojenja mogu biti [20]:

- a) Postrojenja za sortiranje s dva toka otpada sortiraju otpad koji dolazi razvrstan u dva toka, na jednom toku je papir (novine, karton, miješani papir itd.), a na drugom su pomiješani spremnici (plastika, staklo, metali).
- b) Postrojenja za sortiranje sa jednim tokom otpada u odnosu na postrojenja za sortiranje s dva toka otpada razlikuju se po tome što ulazni otpad dolazi samo u jednom toku. Odnosno papir i pomiješani spremnici dolaze međusobno pomiješani. Ova postrojenja sadržavaju opremu koja razdvaja papir i pomiješane spremnike u dva toka koji se zatim dalje obrađuju u postrojenju za sortiranje s dva toka otpada.
- c) Postrojenja za sortiranje miješanog komunalnog otpada sortiraju miješani otpad, dakle reciklirajuće i nerekiclirajuće materijale. Postrojenje izdvaja reciklirajuće materijale te se oni dalje obrađuju.

6.1. RUČNO SORTIRANJE

Prije sredine 1990-ih godina postrojenja za ručno sortiranje otpada imala su brojno osoblje, a miješani kućni otpad koji se može reciklirati prolazio je pokretnim trakama, tako da su zaposlenici mogli ručno odvajati tvari koje se ne mogu reciklirati ostavljajući reciklirane materijale na trakama spremne za daljnje razvrstavanje, opet često ručno odvajanje metala, stakla, plastike i papira. [21]

Ručni sustavi za sortiranje obično se sastoje od ravnih transportnih traka gdje radnici rukom uklanjaju reciklirajuće tvari ili onečišćenja s trake dok prolaze. Prilikom rukovanja otpadom postoji rizik za ljudsko zdravlje. Mjere za smanjenje rizika te povećanje sigurnosti na radu uglavnom uključuju [22]:

- učinkovito provjetravanje radnih mjesta
- upotreba zaštitnih rukavica, maski itd.
- česti prekidi aktivnosti ručnog odvajanja
- razmjena radnog mjesta
- česte zdravstvene provjere radnika.



Slika 9. Ručno sortiranje otpada [23]

6.2. AUTOMATSKO SORTIRANJE

Trenutno je ručno odvajanje ograničeno na svega nekolicinu ljudi koji uklone prevelike predmete i predmete koji bi kasnije mogli oštetiti opremu u daljnjem procesu oporavka. Zatim se taj otpad prenosi u prvu od nekoliko faza sortiranja. Automatsko sortiranje je veliki pomak u odnosu na ručno sortiranje pogotovo jer zamjenjuje ljude na opasnim radnim mjestima. [24]

U današnje vrijeme razvijene su tehnologije za prepoznavanje i odvajanje materijala, omogućujući postrojenjima za oporabu materijala da prihvaćaju sve veći broj materijala, a istovremeno štede na vremenu i troškovima rada. Neki oblici postrojenja proizvode goriva od materijala koji bi inače bili namijenjeni odlagalištu otpada. [24]

Početna faza u tipičnom postrojenju razdvaja veće predmete od manjih na rotirajućim zaslonima bubnja. Bujanj imaju četiri sita ili mrežice od čeličnih ploča s otvorima različitih veličina za filtriranje materijala u frakcije na temelju veličina. Bubnjevi su učvršćeni pod kutom kako bi se materijal prilikom ulaska u viši žlijeb sortirao po veličini kako napreduje duž duljine

bubnja. Alternativa bubnjevima su klipna sita koja se često koriste za prikupljanje finog materijala i time omogućavaju oporavak metala i plastike. Materijali se s transportne trake propuštaju na nagnuta, perforirana, vibracijska sita koja poput bubnja prosiju materijale po veličini. Kada su materijali razvrstani po veličini, taj miješani reciklat se mora razdvojiti u metalne, papirnate, plastične i staklene tokove. [24]



Slika 10. Rotirajući bubanj [24]



Slika 11. Vibracijsko sito [22]

Najprije se odvajaju metalni materijali koje je veoma lako odvojiti uz pomoć elektromagneta. Miješani reciklat prolazi preko gumene transportne trake, gdje magneti uklanjaju metale poput čeličnih limenki. Dodatne jedinice za sortiranje nemagnetičnih metala, separatori vrtložnih struja induciraju elektromagnetske struje u preostalom metalnom otpadu kako bi ga odvojili od plastike, stakla i papira. [24]

Plastične boce se mogu odvojiti sustavom za odvajanje na temelju oblika omogućavajući plastičnim bocama da se otkotrljaju s transporterom za odvojeno sakupljanje. Ali s tim sustavom na transporteru ostaju plastične kutije i tube uz papir kontaminirajući oporabljeni materijal. Novija postrojenja koriste promjenjivi protok zraka i prosijavanje na više razina za učinkovitije sortiranje gustih materijala od lakšeg otpada. [24]

Danas kućanski otpad proizvodi preko 20 različitih vrsta plastike, a sve se ne mogu lagano reciklirati. Neke se plastike ne mogu miješati s drugima jer imaju kemijski različite polimere, dok se druge proizvode u vrlo maloj količini i jednostavno su preskupe da bi se odvajale trenutnom tehnologijom. [24]

Većina postrojenja će razdvojiti dvije ključne vrste plastike: polietilen tereftalat (PET), koji se koristi u bezalkoholnim pićima i bocama za vodu i polietilen visoke gustoće (HDPE), krutiji polimer koji se koristi za izradu pladnjeva za hranu, čepova za boce itd. Nakon što se uklone, dodatne plastike se mogu sortirati optičkim sortiranjem, poput polietilena srednje i male gustoće. [24]

Različiti sustavi optičkog sortiranja razvijeni su kako bi se iskoristila činjenica da svaka od ovih plastika ima jedinstveni infracrveni potpis i otkriva identifikacijske spektre. U tipičnom sustavu, optički senzori koji emitiraju infracrvenu svjetlost sjede na pokretnoj traci, uz zračne mlazove i senzore. Ovi elementi zajedno stvaraju sustav za skeniranje koji se mogu programirati za otkrivanje i izbacivanje određene plastike i papira ako je potrebno na temelju infracrvenog potpisa materijala. Tijekom rada nerazvrstani materijali prolaze duž pokretne trake sa sensorima koji osvjetljavaju infracrvenu svjetlost na predmetima. Optička jedinica očitava reflektirani infracrveni spektar i uspoređuje taj spektar sa poznatim spektrima različitih plastika. Bilo koja podudaranja potaknut će mlazove komprimiranog zraka da ubace ove identificirane predmete u kolektor. Materijali koji se ne podudaraju sakupljaju se kad padnu s kraja pojasa. [24]



Slika 12. Uredaj za infracrveno sortiranje [24]

7. RAZVRSTAVANJE KUĆANSKOG OTPADA U SVETOJ NEDELJI

Razvrstavanje otpada u kućanstvu razlikuje se od lokalne zajednice do lokalne zajednice i od grada do grada. Na razini kućanstva, razvrstavanje se redovito izvodi ručno. U nastavku će se posebno razmotriti razvrstavanje otpada u kućanstvu za područje grada Svete Nedelje.

Grad Sveta Nedelja je putem koncesijskog ugovora povjerio tvrtki EKO FLOR PLUS d.o.o. obavljanje javne usluge prikupljanja biorazgradivog komunalnog otpada i miješanog komunalnog otpada. [25]

Sustav prikupljanja komunalnog otpada dijeli se na [25]:

- sustav prikupljanja miješanog komunalnog otpada i biorazgradivog otpada iz kućanstva
- sustav prikupljanja miješanog komunalnog otpada koji je po prirodi i sastavu sličan otpadu iz kućanstva
- sustav prikupljanja krupnog (glomaznog) otpada
- sustav prikupljanja reciklabilnog otpada (posude za odvojeno prikupljanje otpada po kućnim brojevima i zeleni otoci)
- sustav prikupljanja otpada u reciklažnom dvorištu.

Građani su dobili na izbor tri veličine plastičnih spremnika za miješani komunalni otpad zapremnine 80, 120 ili 240 l, dok kućanstva stambenih zgrada koriste spremnike zapremnine 240 ili 1100 l, koji su postavljeni ispred zgrade na javnim površinama. Broj spremnika za miješani komunalni otpad po naseljima, fizičkim i pravnim osobama, dan je tablicom 3.

Tablica 3. Broj spremnika za miješani komunalni otpad po naseljima, fizičkim i pravnim osobama u Svetoj Nedelji [25]

Naselje	Fizičke osobe				Gospodarstvo		
	80 l	120 l	240 l	1100 l	120 l	240 l	1100 l
Bestovje	5	571	17	0	9	14	7
Brezje	2	319	25	2	9	14	11
Jagnjić Dol	0	119	3	0	/	2	/
Kalinovica	20	77	5	0	2	2	2
Kerestinec	5	349	15	4	9	23	13
Mala Gorica	0	134	1	0	4	2	2
Novaki	2	441	26	2	10	25	18
Orešje	1	257	4	4	1	5	1
Rakitje	0	548	31	0	18	30	10
Srebrnjak	1	32	0	0	/	/	/
Strmec	7	732	50	0	14	18	10
Sveta Nedelja	0	376	14	6	39	31	46
Žitarka	1	56	1	2	/	1	2
Hoto Ville	0	346	40	0	8	/	/
Grad Sveta Nedelja	44	4 357	232	18	123	167	122

Osim miješanog komunalnog otpada u svakom kućanstvu, zasebno se izdvaja papir i karton u plavom spremniku volumena 240 l, plastika i višeslojna ambalaža poput tetrapaka u plastičnim vrećama zapremnine 120 l. Grad je svim kućanstvima s okućnicama omogućio dodjelu besplatnog kompostera kako bi poticao građane na najučinkovitiji način zbrinjavanja biorazgradivog kućanskog otpada. Ukupno je preuzeto 979 kompostera do kraja 2019. godine. S obzirom da stanovništvo grada uglavnom živi u obiteljskim kućama grad potiče zbrinjavanje biootpada kompostiranjem. Naknada za prikupljanje i zbrinjavanje otpada računa se ovisno o volumenu spremnika (80, 120, 240 ili 1100 l) te o broju odvoza. [25 i 26]

Dodatno je postavljeno 15 zelenih otoka sa spremnicima za odvojeno prikupljanje plastike, papira, stakla, tekstila, metala i obuće. Te na području grada je i jedno reciklažno dvorište. [25]

Trenutačno stanje u Svetoj Nedelji po pitanju razvrstavanja kućanskog otpada u kućanstvima koja imaju vlastite spremnike, može se smatrati prosječnim u odnosu na stanje u drugim hrvatskim gradovima i u drugim članicama EU. U Svetoj Nedelji odvajaju se papir, plastika i biootpad. U Zadru kućanstva zasebno odvajaju samo plastiku; građani Požege i otoka Krka imaju zasebne vreće za papir, plastiku i staklo; Grad Zagreb slično kao i Sveta Nedelja odvaja plastiku, papir i biootpad. S obzirom na razvrstavanje kućanskog otpada drugih gradova Republike Hrvatske (RH), moglo bi se, dakle, reći da je stanje u Svetoj Nedelji uobičajeno tj. prosječno za RH. U Njemačkoj se, slično kao i u Hrvatskoj odnosno Svetoj Nedelji, odvaja otpad iz kućanstava - papir, plastiku, biootpad a tek ponegdje staklo.

8. PRIJEDLOZI UNAPREĐENJA TRETMANA KUĆANSKOG OTPADA U SVETOJ NEDELJI

Tijekom izrada ovoga rada spoznato je da je **tretman opasnog kućanskog otpada neodgovarajuć**, dijelom s obzirom na osviještenost građana, a dijelom da je organizacijsko-tehnički građanima i uskraćen.

Stoga će se predložiti nekoliko mjera za unapređenja tretmana kućanskog otpada u Svetoj Nedelji.

8.1. Dodatni spremnik za opasan otpad

Kućanske baterije te mali električni uređaji mogu se odložiti gotovo svugdje, u mnogim tvrtkama, komunalnim poduzećima, trgovinama i odgojno-obrazovnim ustanovama [27]. Ipak, ostatak opasnog otpada koji se ne može odložiti na tim lokacijama često završi u mješovitom komunalnom otpadu.

Najprije, kako bi se udio opasnog otpada u mješovitom komunalnom otpadu smanjio, **predlaže se, da se uza spremnik za mješoviti kućanski otpad uvede dodatan spremnik za opasan otpad.**

Naime, smanjenjem opasnog otpada u mješovitom kućanskom otpadu povećala bi se kvaliteta recikliranja ostalog reciklabilnog otpada jer će dolaziti do njegove manje kontaminacije od strane opasnog otpada. Tako bi se, osim povećanja kvalitete recikliranja, smanjilo onečišćenje okoliša te ugrožavanje ljudskog zdravlja i drugog živog svijeta.

Prikupljanje opasnog otpada ne bi imao unaprijed isplaniran raspored za prikupljanje nego bi kućanstva imala pravo na besplatan odvoz opasnog otpada dva puta godišnje. Kada kućanstva prikupe određenu količinu opasnog otpada prijavila bi se za odvoz otpada putem telefona ili elektroničke pošte te bi s radnikom odgovarajuće komunalne službe provjerili vrste opasnog otpada i količinu koja će se odvesti te dogovorili datum odvoza.

Spremnik za opasan otpad imao bi zapremninu od 20, 30 ili 60 l. Građani bi odabrali zapremninu spremnika u ovisnosti o njihovim potrebama. U plastični spremnik najprije bi se umetnula kartonska kutija kako bi radniku koji dođe po otpad bilo olakšano prebacivanje otpada iz spremnika do vozila. Nakon svakog pražnjenja spremnika stavljala bi se nova kartonska kutija. Otpad bi se morao stavljati u spremnik u svojoj originalnoj ambalaži. Opasan otpad koji bi se stavljao u spremnik uključuje:

1. Kemikalije u kućanstvu, kao što su:
 - amonijak, sredstva za čišćenje, izbjeljivač, sredstvo za čišćenje odvoda, sredstvo za uklanjanje hrđe, sredstvo za čišćenje tepiha, sredstvo za čišćenje pločica/tuša i mnoga druga.
2. Automobilski proizvodi
 - antifriz, motorno ulje, filteri za ulje, tekućine za poliranje, akumulatori za vozila, sredstva za čišćenje presvlaka.
3. Univerzalni otpad
 - kompaktne fluorescentne svjetiljke, živin termostat, živini mjerači, prazne aerosolne limenke.
4. Proizvodi za osobnu njegu
 - boja za kosu, lak i sredstvo za uklanjanje laka.
5. Proizvodi za kuću
 - boje na bazi ulja, tekuća lateks boja, lak za drvo, razrjeđivači boja, upaljači.
6. Proizvodi za vrt
 - sredstva za uništavanje korova i štetočina, insekticidi, pesticidi.

Po uzoru na podatke iz tablice 3. za izbor volumena spremnika za miješani komunalni otpad, ako bi građani uzimali približno jednako i spremnike za opasan otpad, 40-ak kućanstava izabralo bi spremnik zapremnine 20 l, oko 4400 kućanstava izabralo bi spremnik 30 l i 200-tinjak kućanstava izabralo bi spremnik zapremnine 60 l. Cijena spremnika od 20 l je 160 kn, od

30 l je 180 kn dok cijena spremnika od 60 l iznosi 260 kn. Cijena kartonske kutije za spremnike od 20 i 30 l je 8 kn dok kartonska kutija za najveći spremnik od 60 l košta 13 kn. Približna cijena potrebnih spremnika iznosila bi 850 000 kn, dok bi godišnja cijena kartonskih kutija iznosila 38 120 kn.

8.2. Gradski servis -- popravljajonice

Elektronički i električni otpad je najbrže rastući otpad u svijetu. Postoji nekoliko razloga za ogromnu količinu električnog otpada svake godine, a jedan od njih je i planirano zastarijevanje komponenata od strane proizvođača, što znači da je životni vijek elektroničkog uređaja umjetno ograničen, pa će doći do kvara, a time i do prestanka rada uređaja. Popravljanjem električnih i elektroničnih uređaja postigla bi se manja potrošnja resursa i energije u usporedbi s proizvodnjom novih uređaja. Koncept popravljajonica već je uspješno primijenjen u nekim zajednicama [28]. Stoga bi se u Svetoj Nedelji otvorio **servis tj. popravljajonica, ili više njih, u vlasništvu Grada**. Osim potencijalnog smanjenja otpada otvaranjem servisa otvorila bi se i nova radna mjesta te pridonijelo kvaliteti života građana (financijski i kroz socijalne interakcije).

Često korisnici smatraju kako je skuplje popraviti stare uređaje nego kupiti nove, stoga se ne odlučuju za popravak starijih uređaja. S ciljem podupiranja korisnika da svoj uređaj daju popraviti, a time spriječio stvaranje dodatnog otpada i na taj način doprinio očuvanju okoliša, grad Sveta Nedelja bi sufinancirao dijagnostiku uređaja i sam popravak smanjio za 50% do maksimalnih 350 kn.

Servis bi imao mogućnost popravljanja u svojoj radionici te mogućnost popravljanja na licu mjesta (mjestu prikupljanja: reciklažnom dvorištu ili stambenom prostoru građanina). Za popravak velikih kućanskih uređaja kao što su perilice, sušilice, električne peći, televizori itd. tehničari će dolaziti do kuće gdje se nalazi pokvareni uređaj. To je ujedno najbrža i najprikladnija vrsta popravaka za korisnika te se izbjegavaju moguća oštećenja uređaja koja bi mogla nastati prilikom nepotrebnog transporta uređaja do servisa. Korisnik bi dolazak tehničara dogovorio telefonom ili preko internet stranice servisa. Za dolazak tehničara do kuće naplaćivalo bi se 175 kn (ili bi ta usluga bila financirana od strane Grada). U to je uključeno putovanje i 30 minuta radnog vremena, u kojem bi se dijagnosticirao kvar te napravila procjena troškova te ukoliko nisu potrebni rezervni dijelovi kvar odmah i popravio. Ako su pak potrebni

dodatni rezervni dijelovi, što ujedno znači i ponovno dolaženje, to putovanje bilo bi besplatno, i naplaćivalo bi se samo dodatno radno vrijeme i to po cijeni od 75 kn svakih pola sata.

Za popravak u radionicama potrebno je uređaj donijeti tijekom radnog vremena. Tada bi tehničari odmah proučili uređaj kako bi pronašli kvar te napravili procjenu ukupne cijene popravka. Dijagnostika kvara i procjena cijene popravka stajala bi 100 kn (u slučaju nefinanciranja od strane Grada).

9. ZAKLJUČAK

Otpad je značajno globalno pitanje. S rastom globalnog stanovništva i životnog standarda raste i potrošnja proizvoda a time se stvaraju sve veće količine kućanskog otpada. Neodgovarajuće postupanje s kućanskim otpadom pridonosi nepovoljnim klimatskim promjenama i onečišćenju zraka te izravno utječe na sva živa bića i ekosustave. Opasan otpad iz kućanstava je otpad koji potencijalno može povećati opasna svojstva komunalnog otpada. Takav otpad u svom kemijskom sastavu sadrži opasne tvari, koje negativno utječu na okoliš i zdravlje ljudi. Ako se opasne komponente ne izdvoje iz ukupnog toka niskoopasnog komunalnog otpada, u preradi ili odlaganju na odlagališta otpada počinju imati negativan utjecaj na okoliš. Osim mogućih negativnih utjecaja kućanskog otpada na okoliš i ljudsko zdravlje, stvaranje otpada vodi neracionalnom trošenju resursa (sirovina i energije). Smanjenje kućanskog otpada znači manji utjecaj na okoliš, manje utrošenih resursa i energije a time i financijske uštede. Ponovnom uporabom predmeta i recikliranjem smanjuje se količina otpada na odlagalištima, štedi energija i primarne sirovine te smanjuju emisije u okoliš.

Potpuno smanjenje otpada, njegovo recikliranje kao i pronalaženje njegove ponovne upotrebe nije moguće. Stoga će naposljetku neka količina otpada završiti na odlagalištima otpada. Ipak, razvrstavanjem kućanskog otpada u samom kućanstvu poboljšava se recikliranje i time se smanjuje količina otpada koja završava na odlagalištima.

U samom kućanstvu, odvajanjem opasnog otpada u poseban spremnik smanjuje se potencijalna kontaminacija reciklažnog otpada, a time se povećava količina recikliranog otpada.

U radu su dani prijedlozi za unaprjeđenje postupanja s kućanskim otpadom na primjeru grada Svete Nedelje. Predložen je dodatan spremnik u kućanstvu za opasan otpad te uspostava servisa za popravljavanje kućanskih uređaja u vlasništvu grada. Popravak uređaja u gradskom servisu financijski bi bio potpomognut od strane grada.

Daljnja mogućnost proširivanja mreže popravljajonica, te uvođenje dodatnih spremnika u pojedinim gradovima tako da bi stanje po pitanju odvajanja otpada u samim kućanstvima bilo jednako u svakom gradu Republike Hrvatske.

Dodatno, za očekivati je da će se u budućnosti uspostaviti jasna sljedivost za sve veći broj proizvoda, i to od prije trenutka njihove proizvodnje, preko kupovine, sve do mjesta potrošnje, što će omogućavati još racionalnije postupanje s proizvodima na kraju njihovog životnog vijeka.

10. LITERATURA

- [1] <https://www.britannica.com/explore/saveearth/pollution-overview>, Pristupljeno: 2021-01-05
- [2] <https://hr.wikipedia.org/wiki/Otpad>, Pristupljeno: 2021-01-05
- [3] https://gos.hr/edukacija/vrste_otpada/, Pristupljeno: 2021-01-05
- [4] <https://www.biologydiscussion.com/wastes/wastes-sources-classification-and-impact/7091>, Pristupljeno: 2021-01-05
- [5] https://narodne-novine.nn.hr/clanci/sluzbeni/2013_07_94_2123.html, Pristupljeno: 2021-01-06
- [6] <http://www.haop.hr/hr/tematska-podrucja/otpad-registri-oneciscavanja-i-ostali-sektorski-pritisci/gospodarenje-otpadom/o>, Pristupljeno: 2021-01-06
- [7] https://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php/Waste_statistics, Pristupljeno: 2021-01-06
- [8] Gutberlet J., Uddin S. M. N., Household waste and health risks affecting waste pickers and the environment in low- and middle-income countries, INTERNATIONAL JOURNAL OF OCCUPATIONAL AND ENVIRONMENTAL HEALTH, 2018, str. 299-305, Pristupljeno: 2021-01-08

- [9] https://www.researchgate.net/publication/328269700_TOXIC_SUBSTANCES_IN_HAZARDOUS_HOUSEHOLD_WASTE, Pristupljeno: 2021-01-12
- [10] https://gos.hr/edukacija/sastav_komunalnog_kucnog_otpada/, Pristupljeno: 2021-01-15
- [11] <https://vranjevo.hr/index.php/zbrinjavanje-otpada/sastav-kucnog-otpada/>, Pristupljeno: 2021-01-15
- [12] https://narodne-novine.nn.hr/clanci/sluzbeni/2013_07_94_2123.html, Pristupljeno: 2021-01-16
- [13] <https://www.europarl.europa.eu/news/hr/headlines/economy/20151201STO05603/kruzno-gospodarstvo-definicija-vrijednosti-i-korist>, Pristupljeno: 2021-01-16
- [14] https://ec.europa.eu/environment/green-growth/index_en.htm, Pristupljeno: 2021-01-18
- [15] https://ec.europa.eu/environment/green-growth/raw-materials/index_en.htm, Pristupljeno: 2021-01-18
- [16] https://ec.europa.eu/environment/green-growth/waste-prevention-and-management/index_en.htm, Pristupljeno: 2021-01-18
- [17] <https://ec.europa.eu/environment/waste/pdf/WASTE%20BROCHURE.pdf>, Pristupljeno: 2021-01-19
- [18] <https://en.wikipedia.org/wiki/Recycling>, Pristupljeno: 2021-01-19
- [19] https://en.wikipedia.org/wiki/Waste_sorting#cite_note-3, Pristupljeno: 2021-01-20
- [20] Rogoff, M., J.: Solid waste Recycling and processing, Elsevier, 2014., str. 68-70, Pristupljeno: 2021-01-21
- [21] Riley K., Powrie W., Recycling household waste, Ingenia, 2015., broj 66., str. 15-19, Pristupljeno: 2021-01-21
- [22] https://ec.europa.eu/environment/life/project/Projects/index.cfm?fuseaction=home.showFile&rep=file&fil=PLASTIC_ZERO_annex_d32_action4.2_report_on_assessment_sept2013_final.pdf, Pristupljeno: 2021-01-22

- [23] <https://www.aspenpublicradio.org/post/sharks-and-hand-grenades-recycling-companies-sort-out-trash>, Pristupljeno: 2021-01-22
- [24] https://www.waste360.com/mag/waste_large_small_clean, Pristupljeno: 2021-01-25
- [25] <https://grad-svetanedelja.hr/wp-content/uploads/2019/03/Prijedlog-Odluke-Plan-gospodarenja-otpadom.pdf>, Pristupljeno: 2021-02-01
- [26] <https://grad-svetanedelja.hr/wp-content/uploads/2020/07/Izvr%C5%A1%C4%87e-o-izvr%C5%A1enju-PGOa-za-2019-2.pdf>, Pristupljeno: 2021-02-01
- [27] <http://eko.fris.hr/spremnici.html>, Pristupljeno: 2021-02-04
- [28] <https://www.eurocommpr.hr/hr/Novosti/Priopcenja-za-medije/Velik-interes-za-vaucere-za-popravke-u-Becu>, Pristupljeno: 2021-02-13