

Nečistoća u ambalažnom otpadu

Maslić, Nina

Undergraduate thesis / Završni rad

2022

Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj: **University of Zagreb, Faculty of Geotechnical Engineering / Sveučilište u Zagrebu, Geotehnički fakultet**

Permanent link / Trajna poveznica: <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:130:244305>

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

Download date / Datum preuzimanja: **2025-02-20**



Repository / Repozitorij:

[Repository of Faculty of Geotechnical Engineering - Theses and Dissertations](#)



SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
GEOTEHNIČKI FAKULTET

NINA MASLIĆ

NEČISTOĆA U AMBALAŽNOM OTPADU

ZAVRŠNI RAD

VARAŽDIN, 2022.

Sazivam članove ispitnog povjerenstva
za 15. 09. 2022. u 9 sa
Obranu ovog rada kandidat će vršiti i pred
ispitnim povjerenstvom u Varaždinu
Varaždin, 01. 09. 2022.

Predsjednik
ispitnog povjerenstva:
120. prof. dr. sc. Saša Korčić

Članovi povjerenstva

- 1) Prof. dr. sc. Aleksandra Anić Vučković
- 2) Doc. dr. sc. Viktor Pruner
- 3) Doc. dr. sc. Ivana Grčić

SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
GEOTEHNIČKI FAKULTET

ZAVRŠNI RAD

NEČISTOĆA U AMBALAŽNOM OTPADU

KANDIDAT:
NINA MASLIĆ

Nina Maslić

MENTOR:
prof.dr.sc. ALEKSANDRA ANIĆ VUČINIĆ

VARAŽDIN, 2022.

IZJAVA O AKADEMSKOJ ČESTITOSTI

Izjavljujem i svojim potpisom potvrđujem da je završni rad pod naslovom:

NEČISTOĆA U AMBALAŽNOM OTPADU

rezultat mog vlastitog rada koji se temelji na istraživanjima te objavljenoj i citiranoj literaturi te je izrađen pod mentorstvom **prof.dr.sc. Aleksandre Anići Vučinić**.

Izjavljujem da nijedan dio rada nije napisan na nedozvoljen način, odnosno da je prepisan iz necitiranog rada te da nijedan dio rada ne krši bilo čija autorska prava. Izjavljujem također, da nijedan dio rada nije iskorišten za bilo koji drugi rad u bilo kojoj drugoj visokoškolskoj, znanstvenoj ili obrazovnoj ustanovi.

U Varaždinu, 27.06.2022.

NINA MASLIĆ

(Ime i prezime)



(Vlastoručni potpis)

**IZJAVA MENTORA O POSTOTKU SLIČNOSTI ZAVRŠNOG RADA S VEĆ
OBJAVLJENIM RADOVIMA**


Izjavljujem i svojim potpisom potvrđujem da je završni rad pod naslovom:

NEČISTOĆA U AMBALAŽNOM OTPADU

pregledan anti-plagijat programskim paketom PlagScan te da postotak sličnosti cjelovitog završnog rada, s već objavljenim radovima, ne prelazi 20%, kao i da pojedinačni postotak sličnosti završnog rada sa svakom literaturnom referencom pojedinačno ne prelazi 5%.

U Varaždinu, 27.06.2022.

prof.dr.sc. Aleksandra Anić Vučinić
(Mentor)


(Vlastoručni potpis)

Sažetak

Ime i prezime: Nina Maslić

Naslov rada: Nečistoća u ambalažnom otpadu

Ambalaža je svaki proizvod koji ima ulogu zaštite i očuvanja proizvoda koji se u nju pakira. Može biti izrađena od različitih materijala ovisno o vrsti i količini proizvoda. Nakon upotrebe ambalaža se odbacuje te postaje otpad. Otpadna ambalaža predstavlja velik problem za okoliš te ju je potrebno pravilno zbrinuti i reciklirati kako bi se spriječilo njeno nepotrebno gomilanje na odlagalištima otpada. Proces zbrinjavanja otpadne ambalaže započinje sakupljanjem ambalaže u pripadajuće spremnike ovisno o materijalu od kojeg je izrađena te se reciklira i pretvara u novu ambalažu ili novi proizvod. Sva ambalaža koja se sakuplja mora biti čista budući da prisutnost zaostalih nečistoća od proizvoda koji je bio pohranjen u ambalaži može uzrokovati dodatne probleme kao što su privlačenje raznih insekata i glodavaca te stvaranje plijesni.

Ključne riječi: otpad, ambalaža, nečistoće, sakupljanje ambalaže.

Abstract: Packaging waste contamination

Any product that has a role of protecting and preserving a product that is packaged in it is called packaging. It can be made of many different materials depending on the type and quantity of a product. After it has been used, packaging is thrown away and it becomes waste. Waste packaging is a major problem for the environment and it needs to be properly disposed of and recycled in order to prevent it from accumulating unnecessarily at landfills. The process of disposing of packaging waste begins with the collection of packaging in appropriate containers, depending on the material from which it was made. After that it is recycled and converted into new packaging or a new product. All packaging which is collected must be clean as the presence of residual impurities from a product which was stored in it can cause additional problems since they can attract various insects and rodents and cause the formation of mould.

Keywords: waste, packaging, impurities, packaging collection.

SADRŽAJ

1.	UVOD.....	1
2.	PODJELA I VRSTA AMBALAŽE	2
2.1.	Podjela ambalaže prema namjeni.....	2
2.2.	Podjela ambalažnog otpada prema vrsti materijala	2
2.2.1.	Plastika	2
2.2.2.	Drvo.....	5
2.2.3.	Papir i karton	6
2.2.4.	Tekstil	7
2.2.5.	Staklo.....	8
2.2.6.	Metal	9
2.2.7.	Višeslojna ambalaža	10
3.	TOKOVI OTPADNE AMBALAŽE	11
3.1.	Sakupljanje otpadne ambalaže	11
3.1.1.	Sakupljanje na kućnom pragu	11
3.1.2.	Sakupljanje na zelenim otocima.....	12
3.1.3.	Sakupljanje na pretovarnim stanicama.....	13
3.1.4.	Sakupljanje na reciklažnim dvorištima	13
3.2.	Sustav povratne ambalaže	14
3.3.	Oporaba otpadne ambalaže.....	15
3.3.1.	Plastična ambalaža	15
3.3.2.	Papir i karton	17
3.3.3.	Metal	18
3.3.4.	Staklo.....	18
3.3.5.	Tekstil	19
3.3.6.	Drvo.....	19
3.3.7.	Višeslojna ambalaža	19
4.	NEČISTOĆA U AMBALAŽNOM OTPADU	21
4.1.	Nečistoće od prehrambenih proizvoda.....	21
4.2.	Nečistoće od neprehrambenih proizvoda.....	22
4.3.	Nečistoće u ambalaži u Republici Hrvatskoj	23
4.3.1.	PET u sustavu povratne naknade	24
4.3.2.	PET van sustava povratne naknade.....	26
4.3.3.	Otpadna Al/Fe ambalaža u sustavu povratne naknade	27
4.3.4.	Otpadna Al/Fe ambalaža van sustava povratne naknade.....	28

4.3.5.	Otpadna staklena ambalaža u sustavu povratne naknade	29
4.3.6.	Otpadna staklena ambalaža van sustava povratne naknade.....	30
5.	ZAKLJUČAK.....	32
6.	LITERATURA	33
7.	POPIS SLIKA	40

1. UVOD

Zbog njene višestruke uloge, ambalaža se može definirati na mnogo različitih načina. Zakonom o gospodarenju otpadom izdanim od strane Hrvatskog sabora (NN 84/2021) ambalaža se može definirati kao svaki proizvod, neovisno o vrsti materijala od kojega je izrađen, koji se koristi za držanje, zaštitu, rukovanje, isporuku i predstavljanje robe, od sirovina do gotovih proizvoda, od proizvođača do korisnika odnosno potrošača, te se ambalažom smatraju i nepovratni predmeti namijenjeni za izradu ambalaže koja će se koristiti za navedene namjene kao i pomoćna sredstva za pakiranje, koja služe za omatanje ili povezivanje robe, pakiranje, nepropusno zatvaranje, pripremu za otpremu i označavanje robe [1].

Nakon njenog iskorištenja, ambalaža se odbacuje i u tom trenutku postaje otpad. Kao i sve druge vrste otpada, ambalažni otpad se sakuplja te odlazi dalje na obradu. Ambalažni otpad definira se kao svaka ambalaža koja se odbacuje, tj. postaje otpad osim dijelova koji nastaju u proizvodnji [1]. Sakupljanje ambalaže naročito je bitno kako bi se spriječilo odlaganje ambalaže na deponije i smanjila šteta za okoliš. Otpadna ambalaža može u sebi sadržavati tvari s određenim vrijednim materijalima i/ili energetskim svojstvima (plastika, drvo, papir, karton, staklo) pa odlaganje na deponije predstavlja i znatnu ekonomsku štetu. Status ovlaštenih sakupljača ambalažnog otpada u Hrvatskoj posjeduje 26 tvrtki i obrtnika koji, nakon prethodnog razvrstavanja otpada, sakupljaju i skladište ambalažni otpad do njegove odvoznje na uporabu [2].

Oporaba otpada predstavlja postupke kojima je cilj uporaba otpada u korisne svrhe u slučaju kada taj otpad zamjenjuje materijale koji bi se uobičajeno koristili u proizvodnji, a oporabitelj je svaka pravna ili fizička osoba koja posjeduje dozvolu za obavljanje procesa oporabe [1]. Zbog lakše oporabe, ambalažni otpad prvo se razvrstava, a taj postupak obavlja se u sortirnicama. Također, u Republici Hrvatskoj postoji sustav povratne ambalaže za otpadnu ambalažu od PET-a, stakla i Al/Fe [2].

2. PODJELA I VRSTA AMBALAŽE

2.1. Podjela ambalaže prema namjeni

Prema namjeni ambalaža se dijeli na primarnu ili prodajnu ambalažu, sekundarnu ili skupnu ambalažu i tercijarnu ili transportnu ambalažu [3]. Primarna ambalaža je ona ambalaža u kojoj se konačni proizvod prodaje ili predaje potrošaču. Sekundarna ambalaža je ambalaža koja sadrži skupinu proizvoda u primarnoj ambalaži tako da je proizvod dostupan pojedinačno ili u skupini. Tercijarna ambalaža predstavlja zaštitnu ambalažu, odnosno ambalažu koja omogućava rukovanje proizvodom pakiranim u primarnoj ili sekundarnoj ambalaži [3]. Osim navedenog, ambalaža se još može podijeliti na jednokratnu (namijenjenu samo za jednu upotrebu), povratnu ili višekratnu (ambalaža koja se nakon upotrebe može ponovo iskoristiti) i višeslojnu ili kompozitnu ambalažu (ambalaža izrađena od različitih materijala) [4].








2.2. Podjela ambalažnog otpada prema vrsti materijala

Ambalaža, bez obzira na vrstu materijala od kojih je izrađena, nakon upotrebe se odbacuje te postaje otpad. Prema vrsti materijala, ambalažni otpada dijeli se na plastični, drveni, papirnati/kartonski, tekstilni, stakleni, metalni i višeslojni ambalažni otpad. Svaki od tih materijala ima svoja svojstva te način uporabe i vrijednosti.

2.2.1. Plastika

U današnje vrijeme život bez plastike gotovo je nemoguć. Plastični proizvodi koriste se svakodnevno, a plastični otpad sve se više nakuplja. U razdoblju od 2008. do 2015. godine plastika je doživjela tržišni rast za 23% zbog svoje svestranosti i jeftine proizvodnje, no 91% ukupno proizvedene plastike se ne reciklira [5]. To je materijal sastavljen od različitih organskih polimera kojima se u procesu izrade dodaju različiti aditivi (bojila, plastifikatori, punila, stabilizatori). Glavno svojstvo ovog materijala je plastičnost, odnosno sposobnost trajnih deformacija bez pojave loma. Dijeli se u dvije skupine: plastomere i duromere. Plastomeri ili termoplasti su sintetski polimerni materijali kojima je glavno svojstvo sposobnost taljenja i preoblikovanja [6]. Ovakva vrsta plastike najčešće se upotrebljava upravo zbog tog svojstva koje omogućava višestruko

oblikovanje plastične mase bez mijenjanja kemijske strukture. Duromeri, kao i plastomeri, su sintetski polimerni materijali. To su materijali velike tvrdoće, čvrstoće i toplinske postojanosti [7]. Od plastomera se razlikuju u tome što se ova skupina materijala ne može ponovo oblikovati. Preoblikovanje nije moguće provesti jer umjesto topljenja plastične mase dolazi do cijepanja kemijskih veza te razgradnje materijala. Plastični materijali koji spadaju pod skupinu duromera najčešće se koriste kao konstrukcijski materijal za aparate i uređaje, kao ljepila, lakovi i kompozitni materijal [7]. Za izradu ambalaže koriste se materijali iz skupine plastomera i dijele se u nekoliko skupina, kako je prikazano na Slici 1.

1.	PET – polietilen tereftalat	 PET
2.	HDPE – polietilen visoke gustoće	 HDPE
3.	PVC – polivinil-klorid	 PVC
4.	LDPE – polietilen niske gustoće	 LDPE
5.	PP – polipropilen	 PP
6.	PS – polistiren	 PS
7.	0 – ostali polimerni materijali	 0

Slika 1. Vrste plastika

1. PET – polietilen tereftalat (engl. polyethylene terephthalate)

Najčešće je korištena vrsta plastike. Materijal je izdržljiv, lagan i proziran te je namijenjen izradi jednokratne ambalaže (plastične boce, plastične posude za pakiranje salata, sendviča, kolača). Ovakva vrsta plastike lako se reciklira [8].

2. HDPE – polietilen visoke gustoće (engl. polyethylene high-density)

Na ambalažama se može označavati i kao PEHD. Plastika s ovom oznakom smatra se najsigurnijom i pogodnom za višekratnu upotrebu [8]. Može se proizvoditi obojena ili prozirna. Zbog svoje čvrstoće, izdržljivosti i visoke kemijske otpornosti koristi se za pakiranje izbjeljivača i deterdženata [9]. Također, služi za pakiranje ulja, mlijeka i sokova, a koristi se i za izradu igračaka, namještaja i slično. To je vrsta plastike koja se najčešće reciklira.

3. PVC – polivinil klorid (engl. polyvinyl chloride)

Svojstva ovog materijala mogu se mijenjati dodatkom različitih plastifikatora, stabilizatora i punila pa tako postoji velik broj modifikacija polivinil klorida [10]. Dvije osnovne vrste su kruti i fleksibilni PVC. Kruti ili čvrsti PVC proziran je i otporan materijal. Koristi se uglavnom u građevinarstvu za prozorske okvire, podove, odvodne cijevi i slično. Za razliku od čvrstog, fleksibilni PVC puno se lakše obrađuje pa se koristi za izradu električnih izolacija, kabanica, folija [11].

4. LDPE – polietilen niske gustoće (engl. polyethylene low-density)

Proziran je i fleksibilan materijal dobre kemijske otpornosti. Koristi se za izradu tankih fleksibilnih proizvoda kao što su plastične folije, vrećice, igračke, boce i poklopci [12].

5. PP – polipropilen (engl. polypropylene)

Polipropilen je polimer svojstava sličnih kao HDPE. Ima široku primjenu. Koristi se za izradu posuda, spremnika, boca koje se mogu sterilizirati, cijevi, kućišta, ambalaža za jogurt i sl. Ovakva vrsta plastike se lako može reciklirati [13].

6. PS – polistiren (engl. polystyrene)

Čvrst materijal, ali lomljiv. Otporan je na kiseline i lužine, lako se prerađuje te je relativno niske cijene [14]. Koristi se u proizvodnji različitih vrsta ambalaža, plastičnog posuđa, kućišta i slično. Također, može biti i u obliku pjene. Pjenasti ili ekspanzirani polistiren vrlo je lagani materijal koji se koristi u građevinarstvu kao dobar izolator i za izradu ambalaže za robu osjetljivu na udar [15].

2.2.2. Drvo

Drvo se kao materijal koristi kroz cijelu povijest za vrlo široku primjenu. Za razliku od ostalih materijala od kojih je izrađena ambalaža, drvo je jedini prirodni materijal čiji elementarni sastav čine elementi ugljik (C), kisik (O) i vodik (H). To je vlaknast, biorazgradiv, čvrst, anizotropan materijal koji se lako obrađuje [16]. Drvena ambalaža služi za očuvanje proizvoda prilikom transporta, skladištenja, upotrebe i rukovanja. Također, štiti proizvode od vanjskih utjecaja te služi za pohranu i proces zrenja alkoholnih pića. Što se tiče same izrade ambalaže, ona ovisi o namjeni i vrsti proizvoda, transportu, otpornosti na različita opterećenja i sl. Nakon upotrebe, većina ambalaže baca se, što rezultira velikim količinama drvnog otpada [17].

Vrste drveta koje se koriste za izradu ambalaže najčešće su četinjače kao što su bor, smreka i jela te meke listače kao što su topola i joha, a mogu se koristiti i neke tvrde vrste kao što su bukva i hrast. Postoje razne vrste drvene ambalaže kao što su sanduci, bačve, kutije, bubnjevi za kabel i pregrade, a najviše se upotrebljavaju drvene palete, prikaz na Slici 2.



Slika 2. Drvena ambalaža - palete

Ukoliko se drvo ne tretira pravilno prilikom izrade ambalaže, ona može prenositi razne organizme štetne za agrokulturu te okoliš. Zbog tog razloga primjenjuju se fitosanitarni zahvati u koje spadaju toplinsko tretiranje (HT) i fumigacija metilbromidom (MB). Prilikom toplinskog tretiranja drvo se zagrijava sve dok temperatura u sredini drveta ne dostigne minimalno 56°C i traje minimalno 30 minuta. Metoda fumigacije

metilbromidom izvodi se u zatvorenom prostoru minimalno 16 sati pri temperaturi ne nižoj od 10°C. Prije upotrebe, drveni materijal mora biti označen službenom oznakom koja označava da drvo zadovoljava propisane uvjete. Prilikom recikliranja, popravljanja ili obnavljanja, drvena ambalaža mora se ponovo tretirati i označiti [18].

2.2.3. Papir i karton

Papir i karton su proizvodi dobiveni od celuloze, odnosno proizvode se preplitanjem međusobno povezanih vlakana. Za poboljšanje svojstava dodaju im se veziva, boje i punila, a kako bi se uklonili lignini, neželjeni polisaharidi i smola, celulozna vlakna, dobivena uglavnom od drveta, a ponekad i od jednogodišnjih biljaka, prokuhavaju se i kemijski obrađuju. Razlikuju se u građi, gramaturi, debljini i čvrstoći. Kartoni se još razlikuju od papira po tome što mogu biti višeslojni, odnosno sastavljeni od više slojeva istog ili različitog sastava.

Papir i karton imaju vrlo široku primjenu, a 40% – 50% koristi se za izradu ambalaže. Papir je savitljiv i lagan materijal tako da se u smislu ambalaže koristi u obliku papirnatih vrećica i kao unutarnji sloj kod valovitog kartona. Karton ima razna mehanička svojstva koja mu omogućuju transformacije u različite strukturne ambalaže, čvrst je i dobar je izolator. Najčešće se za ambalažu koristi u obliku kartonskih kutija raznih dimenzija, prikaz na Slici 3. Također, na oba materijala mogu se jednostavno isprintati upute, slike i slične informacije. Ovi proizvodi imaju veliku prednost, a to je da se osnovna sirovina za njihovu izradu temelji na drvu. U slučaju da ovakva vrsta ambalaže završi u okolišu, razgradit će se uz pomoć mikroorganizama. Nakon uporabe, papir i karton mogu se reciklirati i pretvoriti u nove papirnatih proizvode što uvelike pomaže očuvanju šuma ili se mogu iskoristiti kao biogorivo [19].



Slika 3. Kartonska ambalaža – kartonske kutije

2.2.4. Tekstil

Tekstil je skup sitnih vlakana (prirodnih i sintetičkih) koja čine tkaninu. Ambalažni tekstil koristi se za pakiranje različitih proizvoda te njihov transport i skladištenje. Najčešće se koriste razne vrste vreća, mreža i tekstila za omatanje bala. Tekstilne ambalažne vreće koriste se najčešće u građevinarstvu za pakiranje građevinskog materijala (šljunka, pijeska, cementa), te za pakiranje povrća kao što su krumpir i luk. One moraju biti čvrste i izdržljive kako se materijal koji se u njima prenosi i skladišti ne bi prosuo ili oštetio [20].

Tekstilna ambalaža može se koristiti više puta ili se odlaže na odlagališta otpada. Tekstilni otpad predstavlja veliku prijetnju za onečišćenje okoliša. Sastoji se uglavnom od industrijskog ili pre-potrošačkog otpada i otpada nakon potrošnje. Industrijski otpad je otpad nastao prilikom procesa proizvodnje, a otpad nakon potrošnje predstavlja sav odbačen tekstil nakon njegovog iskorištenja [20].



Slika 4. Ambalaža od tekstila – jutena vreća

2.2.5. Staklo

Staklo je materijal dobiven taljenjem i zatim brzim hlađenjem osnovnih sirovina (kvarcni pijesak, vapnenac, soda). To je čvrst, inertan i biološki neaktivan materijal. Ne propušta plinove i postojano je pri temperaturama. Može biti proziran bezbojan ili višebojan materijal. Neki od nedostataka ovog materijala su to što je lomljiv i što troškovi transporta rastu sa povećanjem količine materijala koji se prevozi. Ima široku primjenu u pakiranju hrane, pića, farmaceutskih i kozmetičkih proizvoda, prikaz na Slici 5. Za proizvodnju staklene ambalaže koristi se najčešće natrijsko staklo proizvedeno od jeftinijih sirovina. Staklena ambalaža uključuje mnoštvo različitih boca (vino, sok, pivo, mineralna voda) i staklenki (pekmez, ukiseljeno povrće). Zbog svoje neutralne prirode koristi se i kod skladištenja kemikalija. Prilikom izrade same ambalaže potrebno je obratiti pozornost na izradu kalupa potrebnog za oblikovanje grla ambalaže te gornji rub otvora ne smije biti oštećen i oštar [21]. Staklena ambalaža preferira se zbog svojih svojstava te mogućnosti ponove upotrebe i recikliranja. Staklo je materijal koji se može bezbroj puta ponovo preraditi. Recikliranjem stakla smanjujemo onečišćenje okoliša te štedimo energiju i prirodne sirovine [22].



Slika 5. Staklena ambalaža

2.2.6. Metal

Metalna ambalaža najčešće je izrađena od aluminija i čelika. Dolazi u mnogo različitih oblika i veličina, te se u nju se može pakirati gotovo svaki proizvod. Otporna je na udarce i može izdržati ekstremne temperature i pritiske. Nepropusna je za tekućinu, svjetlost i plinove. Metalna ambalaža pruža maksimalnu sigurnost za hranu i druge proizvode te se može hermetički zatvoriti, prikaz metalne ambalaže na Slici 6. Jednostavno i lako se skladišti i transportira [23].

Neki od nedostataka metalne ambalaže su to što može biti korozivna i tako smanjiti kakvoću hrane, a također metal može i reagirati s određenom vrstom proizvoda. Zbog kompliciranijeg procesa proizvodnje izrada same ambalaže zauzima više vremena i proizvod u ambalaži nije vidljiv. Kako bi se spriječila korozija upotrebljavaju se zaštitne boje i lakovi ili se koristi aluminijska ambalaža koja ne podliježe koroziji. Nakon što ambalaža posluži svojoj svrsi ona postaje otpad. Metalna ambalaža se skuplja i reciklira, uvijek iznova, bez gubitka svojstava. Potrebno je naglasiti da sva ambalaža treba prije odlaganja biti prazna i čista. Limenke s ostacima boja, lakova, ulja i kemikalija, te limenke i boce pod tlakom te limenke i boce od zapaljivih i eksplozivnih tekućina treba tretirati kao opasan otpad [24].



Slika 6. Metalna ambalaža – aluminijske limenke

2.2.7. Višeslojna ambalaža

Višeslojna ambalaža predstavlja ambalažu sastavljenu od nekoliko različitih materijala koji se ne mogu odvojiti ručno. Ti materijali odvajaju se u reciklažnim dvorištima raznim procesima, ovisno o materijalu. Pod višeslojnu ambalažu spadaju sve vrste ambalažnih materijala koji su mehanički ili kemijski spojeni u jedan ambalažni spremnik. Najčešća vrsta ovakve ambalaže je tetrapak, prikaz na Slici 7. To je kartonska višeslojna ambalaža koja se sastoji od kartona (75%), plastike (20%) i aluminijske folije (5%) [25]. Koristi se uglavnom za sokove, mlijeko i jogurt. Tetrapak se u potpunosti može reciklirati. Nakon odvajanja slojeva karton može se reciklirati u papirnatu masu, a plastika i aluminijska folija se obrađuju i pretvaraju u korisne sirovine u plastičnoj industriji.



Slika 7. Višeslojna ambalaža - tetrapak

3. TOKOVI OTPADNE AMBALAŽE

U svijetu globalizacije i konzumerizma, proizvodnja jednokratne ambalaže i raznih jednokratnih proizvoda predstavlja značajan pritisak na sirovine i nama dostupne resurse. Kao rezultat toga, bez obzira na to kako se njime upravlja, otpad se neizbježno stvara te se utjecaj na okoliš svakodnevno povećava. Ambalaža u tome ima velik utjecaj. Njena svrha je zaštita proizvoda i produljenje vijeka trajanja proizvoda, no postala je veliko opterećenje za okoliš. Zbog oslanjanja na resurse fosilnih goriva i nedostatka odgovarajućih praksi gospodarenja otpadom jednokratna plastična ambalaža predstavlja jedan od većih problema [66]. Procjenjuje se da je 2007. godine 41% ukupne ambalaže predstavljala ambalaža za pakiranje hrane od čega je većina bila izrađena od plastike [26].

Prijelaz prema kružnom gospodarstvu, sa ciljem promicanja recikliranja i smanjenja korištenja resursa, postao je prioritet u održivom gospodarskom rastu Europske unije. Poboljšanje performansi sustava prikupljanja otpada pomoću kojeg se više recikliranog materijala preusmjerava prema odgovarajućim postrojenjima za oporabu materijala i dalje od slanja za zbrinjavanje važno je pitanje održivosti i prvi je korak prema postizanju ciljeva recikliranja [27]. Sva ambalaža nakon što se odbaci postaje otpad, a do ponovne upotrebe kao neki novi proizvod ili do odlaganja na odlagališta treba proći kroz određene procese i faze.

3.1. Sakupljanje otpadne ambalaže

Prilikom sakupljanja otpadne ambalaže, svaka pojedina vrsta ambalaže (papir, plastika i sl.) prikuplja se zasebno. Odvojeno sakupljanje otpada moguće je provoditi na razne načine, a to su sakupljanje na „kućnom pragu“, na zelenim otocima, na pretovarnim stanicama te na reciklažnim dvorištima [28].

3.1.1. Sakupljanje na kućnom pragu

Odvojeno prikupljanje otpada na „kućnom pragu“ obavlja se pomoću nekoliko spremnika postavljenih na „kućnom pragu“, prikaz na Slici 8. Općenito uključuje prikupljanje raznih vrsta otpada kao što su papir, plastika, staklo i konzerve, organski otpad i sl. Ovisno o vrsti otpada, stanovnici sami razdvajaju otpad te ga odlažu u zasebne spremnike. Općina

ili odgovorna tvrtka osiguravaju spremnike (kante, vreće) kod svake obiteljske jedinice. Organizacija odgovorna za gospodarenje otpadom prikuplja posebno odvojeni otpad na tjednoj ili dvotjednoj bazi ovisno o vrsti otpada [29].



Slika 8. Spremnici za otpad kod skupljanja na „kućnom pragu“

U slučaju otpadne ambalaže, na „kućnom pragu“ prikupljaju se ambalaža od papira i kartona, plastična, metalna i staklena ambalaža (ovisno o gradu ili općini pojedine vrste ambalaže ne prikupljaju se, npr. u većini općina Krapinsko-zagorske županije na „kućnom pragu“ prikupljaju se plastična i papirnata ambalaža dok se u Općini Orebić uz papir i plastiku, odvojeno prikupljaju i staklena i metalna ambalaža).

Sakupljanje ambalaže na „kućnom pragu“ ima svoje prednosti i nedostatke. Sakupljanjem i odvajanjem otpada na „kućnom pragu“ povećava se udio odvojeno sakupljene otpadne ambalaže i smanjuje se udio pogrešno odložene ambalaže. Nedostatak ovog načina sakupljanja je to što se otpad do odvoza skladišti u kućanstvima te se teže primjenjuje kod stambenih naselja. Također, ovakav način sakupljanja zahtijeva i promjenu navika za što je potrebno određeno vrijeme prilagodbe [28].

3.1.2. Sakupljanje na zelenim otocima

Zeleni otoci ili eko otoci su mjesta na javnim površinama na kojima su postavljeni razni spremnici za odvojeno prikupljanje otpada. Na tim mjestima prikuplja se otpad od papira i kartona, plastike, metala, stakla i tekstila, prikaz na Slici 9. Za njihovo postavljanje zadužena je jedinica lokalne samouprave. Ako zeleni otoci predstavljaju jedini način odvojenog sakupljanja otpada postavljaju se na način tako da su lako dostupni i ne na udaljenosti većoj od 300 metara od krajnjeg korisnika [30]. Spremnici postavljeni na

zelenim otocima razlikuju se prema bojama ovisno o vrsti otpadne ambalaže koja se u njih odlaže. To su:

- plavi spremnik za papir i karton
- žuti spremnik za plastiku
- sivi spremnik za metal
- zeleni spremnik za staklo
- narančasti spremnik za tekstil

Otpad sa zelenih otoka predaje se ovlaštenoj tvrtki za gospodarenje otpadom. Ovakav način sakupljanja pogodan je za stambena naselja te za mjesta i gradove s većim brojem stanovnika.



Slika 9. Zeleni otok

3.1.3. Sakupljanje na pretovarnim stanicama

Pretovarne stanice su građevine za skladištenje, pripremu i pretovar otpada namijenjenog prijevozu prema mjestu njegove uporabe ili zbrinjavanja [31]. Nakon što se otpad sakupi sa manjim vozilima, prevozi se do pretovarne stanice te se tamo premješta u veća vozila i odvozi do centra za gospodarenje otpadom. To se provodi s ciljem smanjenja troškova prijevoza otpada te radnog vremena sakupljača otpada [31].

3.1.4. Sakupljanje na reciklažnim dvorištima

Reciklažna dvorišta su nadzirani ograđeni prostori namijenjeni odvojenom prikupljanju i privremenom skladištenju manjih količina posebnih vrsta otpada, prikaz na Slici 10 [32]. Reciklažna dvorišta predstavljaju poveznice između građana i ovlaštenih sakupljača i/ili centara za gospodarenje otpadom te zbog toga imaju bitnu ulogu u sustavu gospodarenja

otpadom [28]. Prilikom odabira lokacije za reciklažno dvorište, jedinica lokalne samouprave obavezna je osigurati korištenje reciklažnog dvorišta svim stanovnicima određenog područja na pristupačan način [32]. Otpad prikupljen na reciklažnim dvorištima predaje se ovlaštenoj tvrtci za obavljanje djelatnosti gospodarenja otpadom ili centru za gospodarenje otpadom.



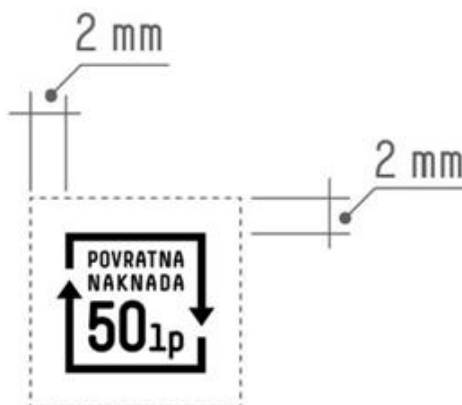
Slika 10. Reciklažno dvorište

3.2. Sustav povratne ambalaže

Prema Pravilniku o ambalaži i otpadnoj ambalaži Republike Hrvatske (NN 85/2015) sustav povratne naknade je sustav gospodarenja jednokratnom ambalažom od PET-a, Al/Fe i stakla volumena većeg od 0,20 l namijenjenoj za pića u kojem se plaća povratna naknada kao stimulativna mjera kojom se potiče posjednik otpada da otpadnu ambalažu od pića odvoja od ostalog otpada i predaje ju prodavatelju ili osobi koja upravlja reciklažnim dvorištem i za to primi iznos povratne naknade [4]. Iznos povratne naknade koju prima potrošač iznosi 0,50 kn po jedinici ambalaže.

Cilj ovog sustava je recikliranje otpadne ambalaže i njeno odvojeno prikupljanje. Kako bi potrošač ostvario pravo na povratnu naknadu, ambalaža koju predaje mora biti neoštećena i prazna te obavezno na sebi sadržavati GTIN oznaku (barkod) te oznaku povratne naknade, prikaz na Slici 11. Sva prodajna mjesta površine veće od 200 m² obavezna su preuzeti ambalažu te isplatiti povratnu naknadu u iznosu od 0,50 kn po komadu. Svaki potrošač ima pravo na isplatu povratne naknade u iznosu od 40 kn dnevno

odnosno iznos povratne naknade za 80 ambalažnih jedinica. Ukoliko prethodno navedeni uvjeti nisu zadovoljeni potrošač nema pravo na isplatu povratne naknade [53].



Slika 11. Oznaka povratne naknade

3.3. Oporaba otpadne ambalaže

Oporabom se smatra svaki postupak ponove obrade otpada sa ciljem njegovog iskorištenja u energetske i materijalne svrhe [2]. Pojam energetske iskoristivosti otpada predstavlja dobivanje energije nepovratnim uništavanjem otpadne ambalaže te se na taj način gube sirovine od kojih je određena vrsta ambalaže izrađena. Uglavnom uključuje spaljivanje i suspaljivanje otpada te se dobivena energija iskorištava za dobivanje topline ili električne energije [33]. Materijalna uporaba u tom slučaju predstavlja prihvatljiviju opciju [2].

3.3.1. Plastična ambalaža

Plastična ambalaža, zbog svoje nemogućnosti razgradnje i kratkog vijeka trajanja, stvara veliku količinu otpada te ima loš utjecaj na okoliš. Za razliku od ostalih materijala korištenih za izradu ambalaže, plastika donosi ogromne ekonomske prednosti kombinirajući nisku cijenu sa svestranošću, izdržljivošću i visokim omjerom čvrstoće i težine [65]. Upravo iz tog razloga pravilno upravljanje plastičnim ambalažnim otpadom od izrazite je važnosti. Čak 40% globalne potrošnje plastike otpada na proizvodnju ambalaže [62].

Plastični otpad sastoji se od vrlo heterogenih frakcija i vrlo je onečišćen te predstavlja velik izazov za obradu i recikliranje. Postrojenja za oporabu i postrojenja za recikliranje plastike predstavljaju dvije ključne faze unutar lanca mehaničke obrade plastike. Postrojenja za oporabu otpadne plastike prihvaćaju odvojeno sakupljeni otpad te ga dalje razvrstavaju na pojedine segmente (npr. bale PET boca). Takav pojedinačno razvrstan plastični otpad prevozi se do postrojenja za recikliranje gdje se mehanički prerađuje u sekundarne sirovine u obliku peleta/pahuljica/granula koje se koriste za ponovnu proizvodnju raznih plastičnih materijala [34].

Ovisno o tržišnoj potražnji, cijenama, sastavu i čistoći materijala donosi se odluka o prikupljanju određenih vrsta polimera. Prisutnost nečistoća posebno je bitna pošto može uzrokovati tehničke poteškoće pri obradi materijala. Kako bi se prisutne nečistoće uklonile sa dobivenih peleta/pahuljica/granula, potrebno je isprati dobiveni usitnjeni plastični materijal. Prilikom procesa pranja uklanjaju se ostaci proizvoda koji je u plastičnoj ambalaži bio pohranjen i ostaci ljepila zaostali nakon skidanja etikete koja se nalazila na ambalaži. Ukoliko ljepilo nije vodotopivo potrebno je koristiti lužnati medij, najčešće je to natrijev hidroksid, kako bi se zaostalo ljepilo u potpunosti uklonilo sa usitnjenih komadića plastike. Također, prilikom procesa pranja moguće je i razdvajanje raznih vrsta plastike na temelju različite gustoće kao na primjer razdvajanje komadića PET-a koji se koristi za izradu plastičnih boca od komadića HDPE-a koji se koristi za izradu čepova za boce i koji se prilikom sortiraju u potpunosti ne ukloni [35].

Nakon pranja, usitnjeni i čisti komadići plastike suše se te odvoze na recikliranje koje se može obavljati mehanički i kemijski. Mehaničko recikliranje uključuje toplinsku preradu, taljenje i ekstruziju polimera u svrhu dobivanja novih polimernih materijala [36]. Ekstruzija je postupak prešanja, pretežno termoplasta. Koristi se za izradu cijevi, profila, traka i slično [37]. Kako bi se svojstva dobivenih materijala poboljšala potrebno je dodati određenu količinu originalnih polimera [36]. Prilikom kemijskog recikliranja polimerni materijal tretira se kemijski ili toplinski sve do monomera odnosno polaznih sirovina polimera [36]. Uz mehaničko i kemijsko recikliranje, otpadna plastična ambalaža može se i energijski reciklirati. Ovaj način recikliranja uključuje spaljivanje plastične ambalaže te iskorištenje energije dobivene prilikom spaljivanja [36].

3.3.2. Papir i karton

Izrađeni od obnovljenih vlakana dobivenih recikliranjem, papir i karton, atraktivni su i održivi materijali. Takvi oporabljeni materijali najčešće se koriste za izradu novih ambalaža, no mogu se koristiti i u uređenju interijera te kao građevinski materijal [38]. U Republici Hrvatskoj 2019. godine ukupno je stavljeno na tržište 301.099 tona ambalažnog otpada, a sakupljene su 152.682 tone. Količina ambalažnog otpada od papira i kartona koja je stavljena na tržište iznosi 90.913 tona od čega je 78.480 tona sakupljeno. Ukupna količina oporabljenog ambalažnog otpada od papira i kartona iznosi 77.346 tona [39].

Ambalažni otpad od papira i kartona, nakon njegovog sakupljanja, sortira se i pakira u bale te odvozi do pogona za reciklažu. Prilikom procesa sortiranja bitno je izdvojiti sve vrste papira i kartona koje se nikako ne smiju reciklirati, kao što su kontaminirani papir iz bolnica i domova zdravlja, higijenski papiri, papiri i kartoni koji su bili u direktnom kontaktu sa hranom i kemikalijama i sl. [40].

Nakon što otpadna ambalaža stigne do postrojenja za recikliranje razdvaja se prema materijalima od kojih je izrađena [41]. Nakon razdvajanja i uklanjanja mogućih nečistoća materijal se usitnjava i miješa s vodom i kemikalijama koje pomažu prilikom razgradnje papirnatih vlakana te se stvara pulpa [41]. Dobivena se pulpa filtrira kako bi se uklonile sve dodatne nečistoće kao što su ostaci ljepila i trake koje se nisu mogle ukloniti prilikom procesa sortiranja. Nakon usitnjavanja i uklanjanja svih mogućih nečistoća dobivena pulpa prolazi proces flotacije. Flotacija je postupak odvajanja korisnih od nekorisnih sastojaka iz sirovina [42]. U ovom slučaju iz pulpe se izdvajaju svi ostaci tinte i drugih boja u pomoć kiselina [41]. Pulpa nastala recikliranjem papira nakon procesa flotacije izbjeljuje se i odlazi na daljnje postupke za izradu novih papira kao je što su sušenje, a postoji i mogućnost ponovnog ispiranja prije postupka sušenja [40]. Ukoliko se radi o pulpi nastaloj recikliranjem kartona, nakon procesa flotacije, ona se miješa sa novim proizvodnim materijalima nakon čega ide na sušenje. Recikliranje papirnate i kartonske ambalaže ima mnogo prednosti, a neke od njih su: smanjenje količine otpada na odlagalištima, smanjenje onečišćenja, očuvanje šuma i vode te ušteda energije [41].

3.2.3. Metal

Metalna otpadna ambalaža najčešće je izrađena od aluminija i čelika. Velika prednost ovih materijala je u tome što se oni mogu beskonačno reciklirati bez gubitka njihovih svojstava. Također, za recikliranje ovih materijala koristi se puno manje energije nego što je potrebno za proizvodnju novih. Prilikom reciklaže čelika može se uštediti do 85% energije koja bi se iskoristila prilikom proizvodnje novog materijala, a za aluminij taj broj može doseći čak 95% [43].

Sam proces recikliranja započinje sakupljanjem otpadne metalne ambalaže. Sakupljena metalna ambalaža prevozi se do postrojenja za recikliranje te se sortira. Metalna ambalaža izrađena od čelika jednostavno se izdvaja od ostale ambalaže pomoću magneta. U slučaju metalne ambalaže izrađene od aluminija, za sortiranje se koristi magnetska separacija s vrtložnim strujama koja se uglavnom koristi za razdvajanje nemagnetičnih metala iz krutog otpada i njihovo međusobno razdvajanje [44]. Razdvojena metalna ambalaža usitnjava se i čisti od mogućih nečistoća te topi. Otopljena masa dalje se prerađuje te se dobivaju polugotovi proizvodi kao što su šipke, cilindri ili blokovi od kojih se izrađuje nova ambalaža ili se koriste iz izradu drugih proizvoda [43].

3.2.4. Staklo

U cijelom svijetu proizvode se velike količine staklenog pakiranja koje se nakon uporabe smatra otpadom. Najveću količinu staklene ambalaže predstavljaju boce za pakiranje pića te na njih otpada 75 – 80% ukupne proizvodnje. Preostalih 20 – 25% otpada na razne staklenke za pakiranje hrane poput džemova, meda, dječje hrane i sl. [45]. Kako bi se količine koje završe na odlagalištima otpada smanjile potrebno je pravilno reciklirati otpadnu staklenu ambalažu. Velika prednost stakla kao materijala je to što se može u potpunosti reciklirati beskonačno puta bez gubitka kvalitete [45].

Otpadna staklena ambalaža sakuplja se i prevozi do postrojenja namijenjena za recikliranje stakla. U postrojenju staklo prolazi proces predobrade koji uklanja ostatke papira i plastike te se uklanjaju ostaci metala pomoću magneta. Nakon procesa predobrade staklena ambalaža razdvaja se prema boji i pere kako bi se uklonile sve dodatne nečistoće. Čiste boce usitnjavaju se, tale i oblikuju u nove proizvode kao što su nove boce i staklenke [46].

3.2.5. Tekstil

Tekstil za pakiranje obuhvaća svu tekstilnu ambalažu koja se koristi u industrijskim, poljoprivrednim i drugim segmentima. Tekstilna ambalaža zadovoljava uvjete rastuće potrebe za višekratnim pakiranjima [47]. Najpoznatija vrsta tekstilne ambalaže su vreće koje, ako se ne vraćaju proizvođaču, mogu biti vrlo korisne u kućanstvu. Ukoliko se tekstilna ambalaža koristi u kućanstvu kao sredstvo za brisanje i sl. mora se zbrinuti pod drugim ključnim brojem zbog raznih onečišćenja, no nerijetko se ista spaljuje [51].

3.2.6. Drvo

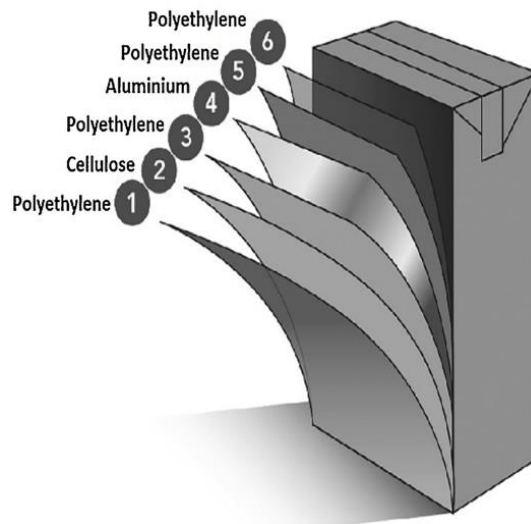
Već stoljećima drvo se upotrebljava kao ambalaža u obliku sanduka, škrinja, paleta i sl. [48]. Ovakva vrsta ambalaže vrlo je izdržljiva i višekratno je uporabljiva. Ukoliko dođe do oštećenja ambalaže ona ne odbacuje nego se nastoji popraviti ukoliko je to moguće. Količina drvene ambalaže koja se popravlja radi ponovne uporabe utvrđuje se na temelju mase popravljenih jedinica drvene ambalaže koje se potom ponovno koriste te ne uključuje drvenu ambalažu ni sastavne dijelove drvene ambalaže koji se šalju u postupke obrade otpada [49]. Ukoliko se drvena ambalaža ne može popraviti ona se usitnjava i prosijava. Procesom prosijavanja izdvajaju se veći komadi drva te se vraćaju natrag na usitnjavanje. Nakon usitnjavanja potrebno je iz smjese izdvojiti komade metala, a to se izvodi magnetom i separatorom sa vrtložnim strujanjem koji služi za izdvajanje nemagnetnih materijala [50].

3.2.7. Višeslojna ambalaža

Višeslojna ambalaža je ambalaža izrađena od različitih vrsta materijala koji se ne mogu razdvojiti ručno. Razdvajanje na pojedinačne materijale moguće je samo mehaničkim putem. Prilikom bacanja ambalaže potrebno ju je isprati i spljoštiti kako bi zauzela što manje prostora u spremnicima za odlaganje otpada [51].

Postoje razne vrste višeslojne ambalaže no najpoznatija je tetrapak. U početku je tetrapak bio izrađen od voštanog papira no danas se izrađuje od laminiranog čvrstog papira, polietilena niske gustoće (LDPE-a) i aluminijske folije. Samo tetrapak pakiranje izrađeno je od šest različitih slojeva od kojih svaki ima određenu ulogu, prikaz na Slici 12. Vanjski

sloj, odnosno prvi sloj, izrađen je od polietilena te ima ulogu zaštite proizvoda od vlage. Drugi sloj, izrađen od kartona, osigurava čvrstoću pakiranja, Treći sloj potreban je za laminiranje dva polietilenska sloja. Četvrti sloj izrađen je od aluminijskih folija i pruža barijeru kisiku i svjetlosti. Peti sloj potreban je za procese laminiranja i izrađen je od polietilena, a šesti i posljednji sloj izrađen je od polietilena i njegova uloga je zadržavanje tekućine unutar pakiranja [64].



Slika 12. Slojevi tetrapak pakiranja

Višeslojna ambalaža može se zbrinuti na dva različita načina. Prvi način podrazumijeva obradu višeslojne ambalaže u cijelosti zajedno sa komunalnim čvrstim otpadom nekim od toplinskih procesa kao što su spaljivanje, piroliza i rasplinjavanje u svrhu povrata energije. Naime, ovaj način zbrinjavanja nije učinkovit zbog niske toplinske vrijednosti ambalaže i raznih karakteristika papira kao što je npr. vlažnost papira koji je glavni sastojak za proizvodnju same ambalaže [52]. Drugi način podrazumijeva uklanjanje papira procesom hidropulpiranja. U ovom procesu, uz prisutnost vode, celulozna vlakna odvajaju se od plastičnih i aluminijskih slojeva centrifugalnim silama. Nakon ovog procesa, ostaci (vanjski LDPE sloj i Al-PE laminat) uglavnom sadrže do 5% papirnih vlakana. Oni se najčešće koriste prilikom toplinskih procesa u svrhu povrata energije zbog njihove visoke toplinske vrijednosti. Ovi materijali mogu se također i razdvojiti. Jedna od metoda korištena za njihovo razdvajanje je metoda selektivnog odvajanja-taloženja (SDP). Ova metoda temelji se na kontroliranju i podešavanju topljivosti polimera promjenom otapala i/ili uvjeta otapanja.

4. NEČISTOĆA U AMBALAŽNOM OTPADU

Ambalažu predstavljaju svi proizvodi kojima je glavna uloga zaštita proizvoda prilikom njegovog transporta i uskladištenja. Također, ona ima bitnu ulogu u zaštiti proizvoda pohranjenih u samoj ambalaži, olakšava rukovanje proizvodom te omogućava potrošačima informiranje o proizvodu [63]. Ambalaža je najčešće namijenjena jednokratnoj upotrebi te se odbacuje. Odbačena ambalaža može se reciklirati ili se odvozi na odlagališta otpada. Kako bi se odbačena ambalaža mogla u što većoj količini reciklirati potrebno ju je pravilno zbrinuti tj. odložiti u odgovarajući spremnik te isprati od ostataka hrane. Osim ostataka hrane, nečistoće u otpadnoj ambalaži predstavljaju i ostaci nagrizaćućih kiselina i tvari (npr. boje, lakovi, pesticidi), ostaci motornih ulja i maziva, ostaci šampona i sapuna i sl. [54].

4.1. Nečistoće od prehrambenih proizvoda

Nečistoće od prehrambenih proizvoda predstavljaju velik problem prilikom procesa recikliranja otpadne ambalaže. Privlače razne insekte i glodavce te su pogodna podloga za stvaranje plijesni. Također, ostaci raznih tekućina mogu kontaminirati druge materijale koji se mogu reciklirati ukoliko se otpadna ambalaža ne odlaže u zaseban spremnik [55].

Ostaci prehrambenih proizvoda obrađeni su u istraživačkom radu švedskih kućanstava u kojem su sudjelovale dvije skupine kućanstava [56]. Kao dva glavna razloga nastajanja prehrambenog otpada vezana za ambalažu pristupnici su naveli „teško se prazni“ i „preveliko pakiranje“. U istraživanju je pokazano da razlog „teško se prazni“ predstavlja ukupnu količinu otpada od 4 kg od čega otprilike 3/4 čine jogurt i kiselo mlijeko pakirani u kartonske ambalaže sa plastičnim čepom, a 1/4 majoneza, džem i juhe pakirane u ostale vrste ambalaže. Razlog „preveliko pakiranje“ predstavlja ukupnu količinu otpada od 4.5 kg. U istraživanju je zabilježeno da je kod razloga „teško se prazni“ najviše navedeno pakiranje tekućeg jogurta od 1000g pakiranog u kartonskoj ambalaži sa plastičnim čepom. Rezultati dobiveni u dvije skupine koje su sudjelovale u istraživanju razlikuju se u količini jogurta zaostalog u pakiranju. Prosječna količina ostataka iz ovog pakiranja u prvoj grupi iznosila je 63 g, a u drugoj 100 g. Jogurt i mlijeko uglavnom su proizvodi visoke viskoznosti koji prijanjaju na površinu pakiranja te se zbog toga teško u potpunosti isprazniti pakiranje [56]. Zbog loše pražnjivosti ambalaže ukupna količina prehrambenog

otpada zaostala u pakiranju nakon konzumacije iznosila je do 4% ukupno generiranog prehrambenog otpada nastalog kod ispitivanih kućanstava. Istraživanjem je također dokazano da količina prehrambenih nečistoća odnosno hrane u pakiranju ne ovisi samo o obliku i vrsti ambalaže već i o potrošaču. Ostaci jogurta u pakiranjima kod skupine koja je već imala određeno znanje o okolišnim problemima bili su manji nego kod skupine koja nije imala prethodno znanje [57]. To je dodatno potkrijepljeno istraživanjem ponašanja prilikom pražnjenja pakiranja mlijeka od 1000 ml prilikom kojeg je pronađeno 4.7-14.7 ml zaostalog mlijeka u pakiranju, prikaz na Slici 13. Oblik ambalaže i prisutnost nabora na dnu pakiranja i unutarnoj stijenci uvelike otežavaju potpuno pražnjenje ambalaže te omogućavaju zadržavanje mlijeka u pakiranju [58].



Slika 13. Ostaci mlijeka u pakiranju

4.2. Nečistoće od neprehrambenih proizvoda

Nečistoće od neprehrambenih proizvoda obuhvaćaju razne ostatke proizvoda u ambalaži, a to mogu biti razni higijenski i kozmetički proizvodi, nagrizajuće i korozivne tvari kao što su boje i lakovi, sredstva za uklanjanje boja i lakova, razni pesticidi i ostale otrovne tvari, motorna ulja i sl. Ambalaža od raznih kozmetičkih i higijenskih proizvoda najčešće se može bez problema reciklirati, no to nije uvijek slučaj za ostale ambalaže od neprehrambenih proizvoda. Ambalaže farmaceutskog otpada ne smiju se odlagati u

komunalni otpad pošto i najmanje količine određenih tvari iz lijekova zaostalih u otpadnoj ambalaži mogu imati štetan utjecaj na okoliš [59].

Otpadna ambalaža od pesticida i herbicida također se ne smije odlagati u komunalni otpad već se predaje bez naknade poljoprivrednim ljekarnama i prodavačima koji su zaduženi za zbrinjavanje takvih sredstava [60]. Otpadne ambalaže od boja, lakova, razrjeđivača i sl. potrebno je zbrinuti u odgovarajuće spremnike za opasni otpad zbog zaostalih nečistoća u pakiranju kao što su pigmenti s teškim metalima i razni hlapljivi organski spojevi, prikaz na Slici 14 [61]. Ostaci ulja u otpadnoj ambalaži u sebi sadrže teške metale i ugljikovodike te mogu uzrokovati onečišćenja vode te onečišćenje zraka uslijed neodgovarajućeg spaljivanja [61].



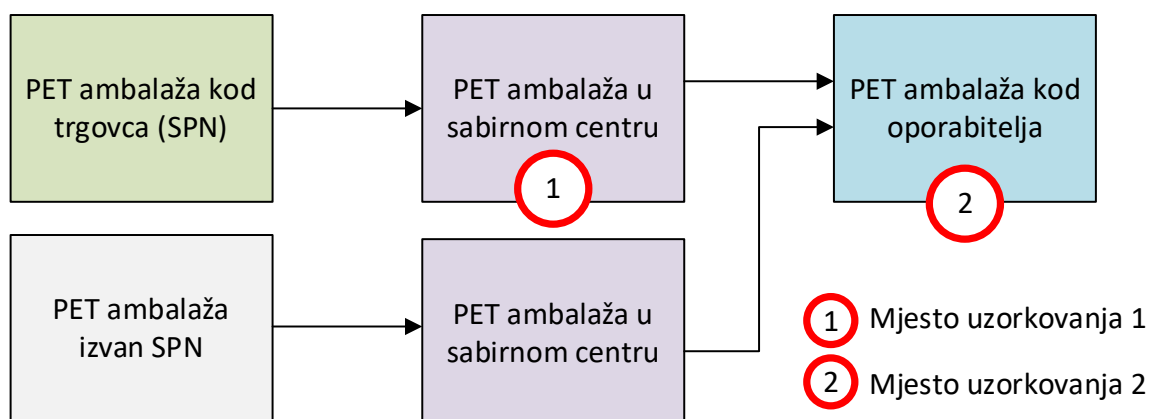
Slika 14. Ostaci boje u metalnoj ambalaži

4.3. Nečistoće u ambalaži u Republici Hrvatskoj

Za potrebe utvrđivanja nečistoća u ambalaži 2021. godine napravljena je analiza analize utvrđivanja sastava i udjela nečistoća otpadne PET, aluminijske, željezne i staklene ambalaže u sustavu povratne naknade (SPN) i van sustava.

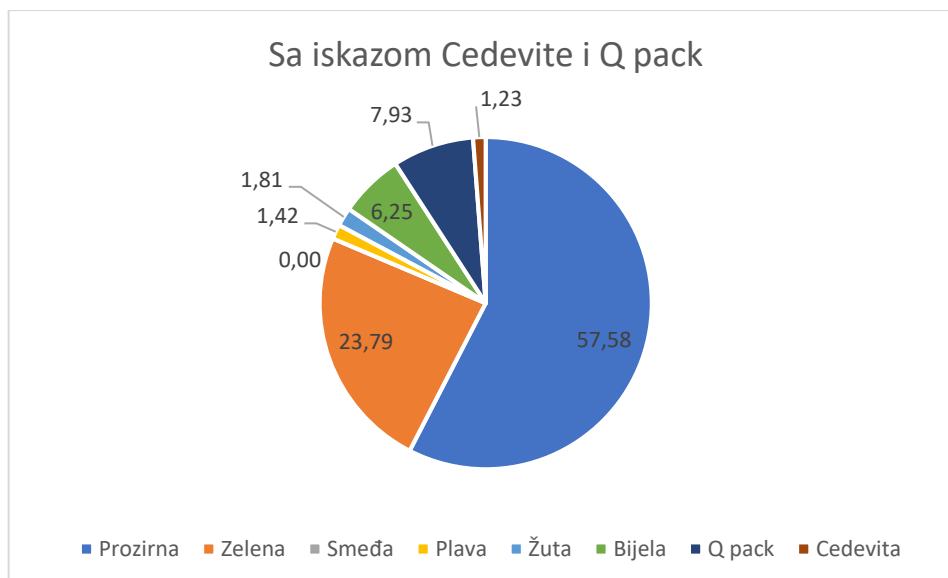
4.3.1. PET u sustavu povratne naknade

Za potrebe utvrđivanja nečistoća u otpadnoj PET ambalaži analizirana je otpadna PET ambalaža u rinfuzi u sabirnom centru (DS Smith d.o.o.) (mjesto uzorkovanja 1) i balirana otpadna ambalaža kod oporabitelja (mjesto uzorkovanja 2).



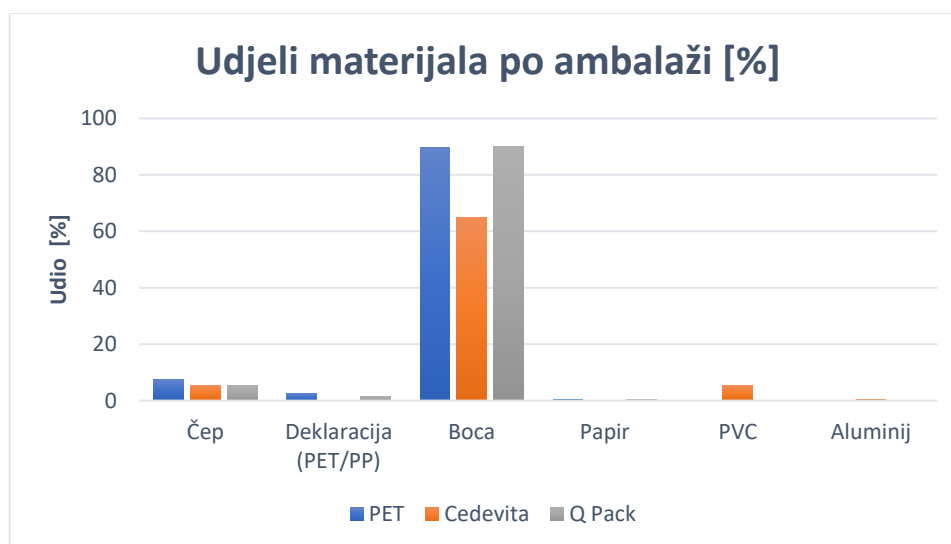
Slika 15. Tok otpadne PET ambalaže

Osim PET ambalaže (ambalaža izrađena od polietilen tereftalata), postoje razne vrste ambalaže koje mogu uzrokovati razne probleme prilikom procesa recikliranja. Kao primjer može se uzeti ambalaža od Cede vite koja na sebi sadrži PVC foliju i aluminijsku pokrivku na vrhu [67]. Ovakvi dodatni materijali otežavaju proces recikliranja te smanjuju čistoću izlazne frakcije nakon recikliranja [67]. Ambalaža Q pack se također može navesti kao primjer. Ova ambalaža ima poseban premaz na površini boce sa ulogom osiguravanja dodatne svježine i trajnosti proizvoda (spriječava ulazak kisika) pakiranog u ambalaži. Na mjestu uzorkovanja 1, odnosno u sabirnom centru (DS Smith d.o.o.) utvrđeno je da se u prosjeku zaprima oko 10 tona ambalaže dnevno. Otprilike 300 kg ambalaže nasumično je odabrano u skladištu te se postupkom četvrtanja dobio uzorak od 155.5 kg. Dobiveni uzorak vagao se mobilnom vagom te se nakon vaganja ambalaža u uzorku sortirala prema bojama na prozirnu, bijelu, žutu, narančastu, plavu i zelenu PET ambalažu. U sklopu ovog sortiranja dodatno je razdvojena ambalaža od Cede vite i Q pack ambalaža [67].



Slika 16. Sastav otpadne PET ambalaže u SPN uključujući Cedevitu i Q pack

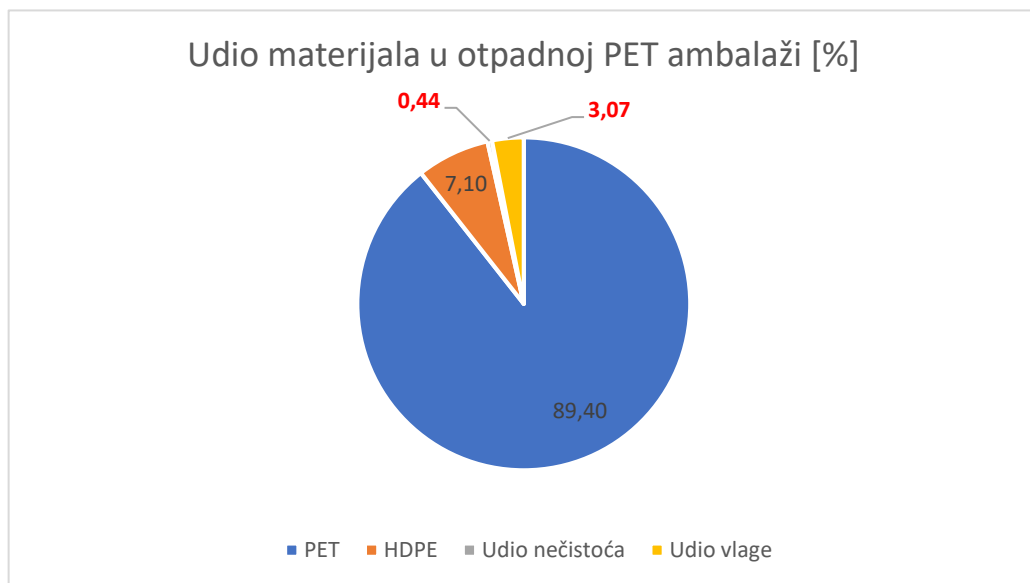
Novi uzorak od cca 128 nasumično odabranih boca uzet je u svrhu utvrđivanja sadržaja nečistoća u uzorku. Uzorak se sortirao tako da je uklonjena sva zaostala tekućina te su izdvojeni čepovi i deklaracije, a rezultati su prikazani na slici 17.



Slika 17. Udjeli materijala u otpadnoj PET ambalaži u SPN

Kako bi se odredio udio nečistoća otpadne PET ambalaže u sustavu povratne naknade uzete su izmjerene vrijednosti udjela nečistoća za PET bocu, Cedevita bocu i Q pack bocu [67]. Na temelju izračunatih srednjih vrijednosti sastava

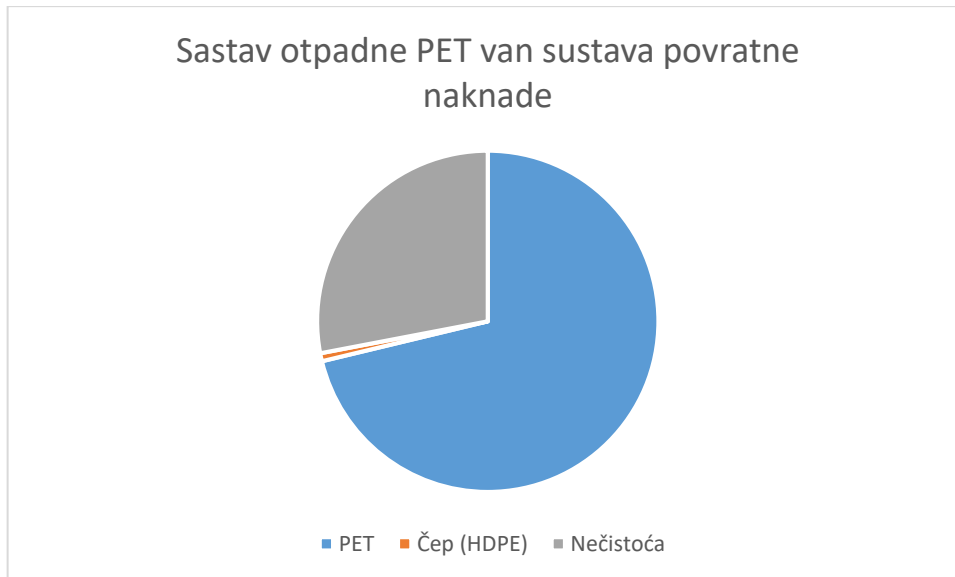
utvrđenih nečistoća za pojedinu vrstu ambalaže izračunat je udio PET materijala, HDPE (čep) i ostalih nečistoća [67]. Materijali kao što su papirnate naljepnice, PVC omoti i aluminij u Cedevida boci ubrojani su u nečistoće utvrđivane u analizi. Udio pojedinog materijala izračunat je na temelju provedene analize. Pri izračunu raspodjele materijala, kod PET materijala zbrojene su PET boce i PET/PP ambalaža. Kod HDPE materijala naveden je udio čepova, kao nečistoće naveden je udio papira, PVC-a i aluminija, a udio vlage preračunat je u odnosu na izmjeren udio vlage koji je iznosio 3,07% po boci [67].



Slika18. Udio materijala u otpadnoj PET ambalaži (%)

4.3.2. PET van sustava povratne naknade

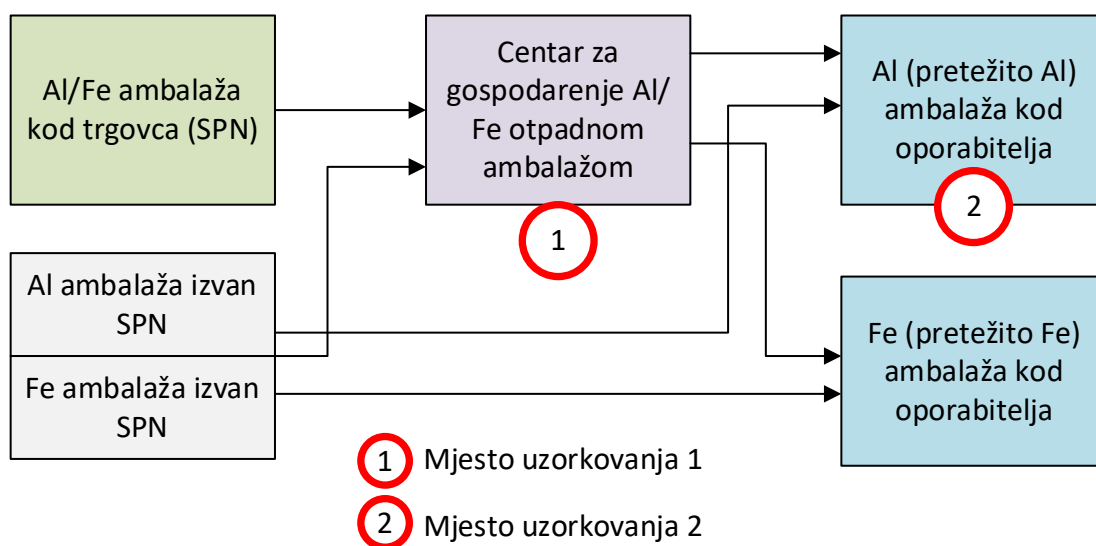
Za potrebe utvrđivanja nečistoća uzeti su uzorci PET ambalaže od ulja (veliki 5 L) te uzorak posude za meso (3-5 kg). Ambalaže u kojima su bili pakirani ulje i meso, izvagane su, oprane, osušene te ponovo izvagane. Razlika u masti izražena je kao udio nečistoća.



Slika 19. Sustav otpadne PET ambalaže van sustava povratne naknade

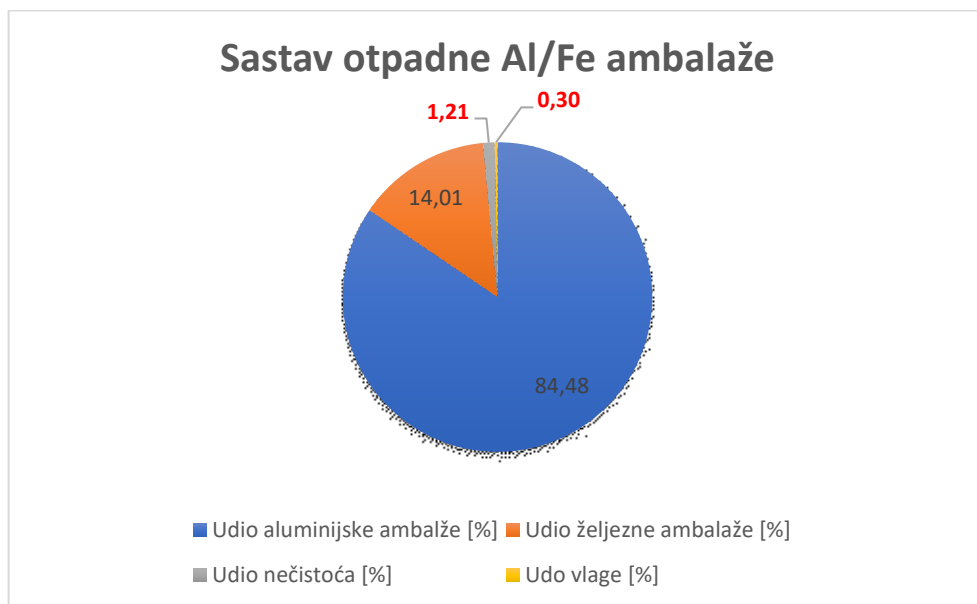
4.3.3. Otpadna Al/Fe ambalaža u sustavu povratne naknade

Za potrebe utvrđivanja nečistoća u otpadnoj Al/Fe ambalaži u sustavu povratne naknade napravljeno je sortiranje u tvrtki Odlagalište sirovina d.o.o. i DS Smithh d.o.o. Za utvrđivanje udjela nečistoća u otpadnoj Fe/Al ambalaži, otpadna ambalaža analizirana je u rinfuzi u sabirnom centru (DS Smith d.o.o.) (mjesto uzorkovanja 1) te u rinfuzi kod oporabitelja (Zadar sirovina d.o.o.) (mjesto uzorkovanja 2).



Slika 20. Tok otpadne Fe/Al ambalaže

Utvrđeno je da se na prvoj lokaciji zaprima oko 3 tone otpadne Fe/Al ambalaže dnevno, a na drugoj lokaciji oko 2 tone dnevno. Nasumično izabani uzorci su četvrtani, izvagani i sortirani na željeznu i aluminijsku ambalažu te vidljive nečistoće (papirnatu naljepnicu i zaostale tekućine). Kako bi se odredio udio vlage u otpadnoj ambalaži nasumično je odabrano 10 uzoraka odnosno limenki koje su pakirane u plastičnu vreću. Svaki uzorak je izvagan te poslan na analizu. Izmjerene mase su zbrojene te je izračunat udio pojedine komponente. Aluminijska i željezna ambalaža umanjene su za udio vlage te je vlaga izražena zasebno [67].



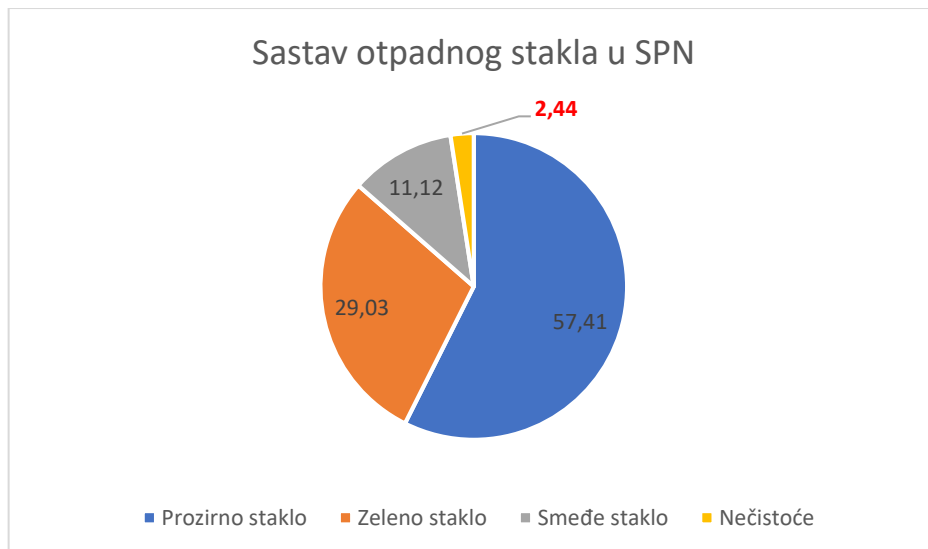
Slika 21. Sastav otpadne Al/Fe ambalaže

4.3.4. Otpadna Al/Fe ambalaža van sustava povratne naknade

Uzorak za provedbu analize otpadne Al/Fe ambalaže van sustava povratne naknade uzet je u Studentskom centru Sveučilišta u Zagrebu, u restoranu Savska (Savska 25) dana 6. prosinca 2021. Za potrebe određivanja nečistoća u otpadnoj Fe ambalaži uzeti su veliki Fe spremnici koji su izvagani, oprani, osušeni te ponovo izvagani. Razlika u masi predstavlja udio nečistoća. Za određivanja nečistoća u Al otpadnoj ambalaži uzeti su Al spremnici od paštere. Spremnici su prošli kroz isti postupak kao i Fe spremnici (vaganje, pranje, sušenje i ponovo vaganje). Utvrđen je udio nečistoća od 5,79% [67].

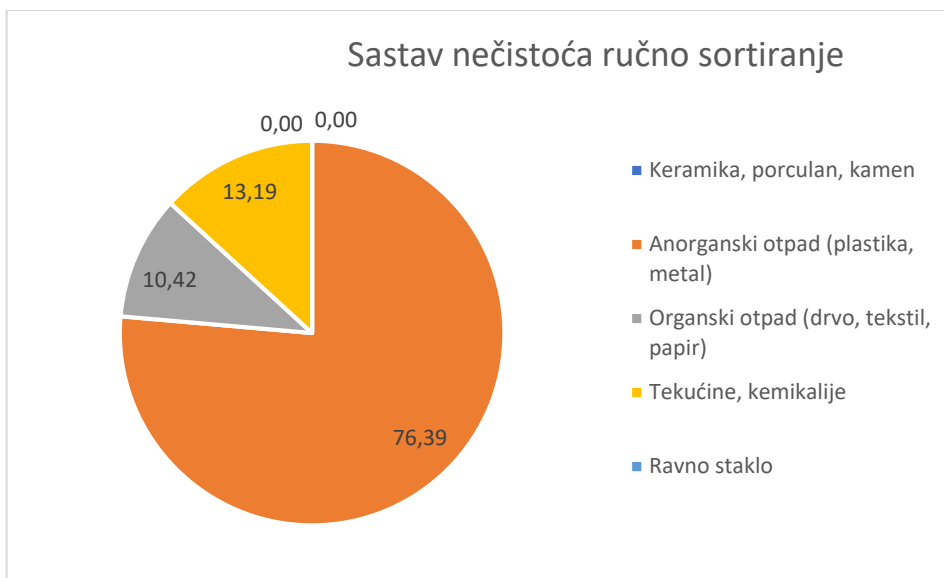
4.3.5. Otpadna staklena ambalaža u sustavu povratne naknade

Za potrebe utvrđivanja nečistoća u otpadnoj staklenoj ambalaži u sustavu povratne naknade napravljeno je sortiranje u tvrtki Unija nova d.o.o. koja je sabirni centar i lokacija oporabitelja. Utvrđeno je da se na lokaciji preuzima oko 116,49 tona dnevno otpadnog stakla iz sustava povratne naknade [67]. Za potrebe uzorkovanja nasumično je odabrano 820 kg ambalaže. Odabrani uzorak četvrtan je te je dobiven uzorak od 117,8 kg. Nakon vaganja, komponente uzorka sortirane su na prozirno, zeleno i smeđe staklo te nečistoće. Nečistoće su dodatno sortirane na anorgansku komponentu (kamenje, keramika, porculan) i ostalu anorgansku komponentu (plastika, metal) te organsku komponentu (drvo, papir, tekstil i tekućine uključujući i opasne tekućine) [67].

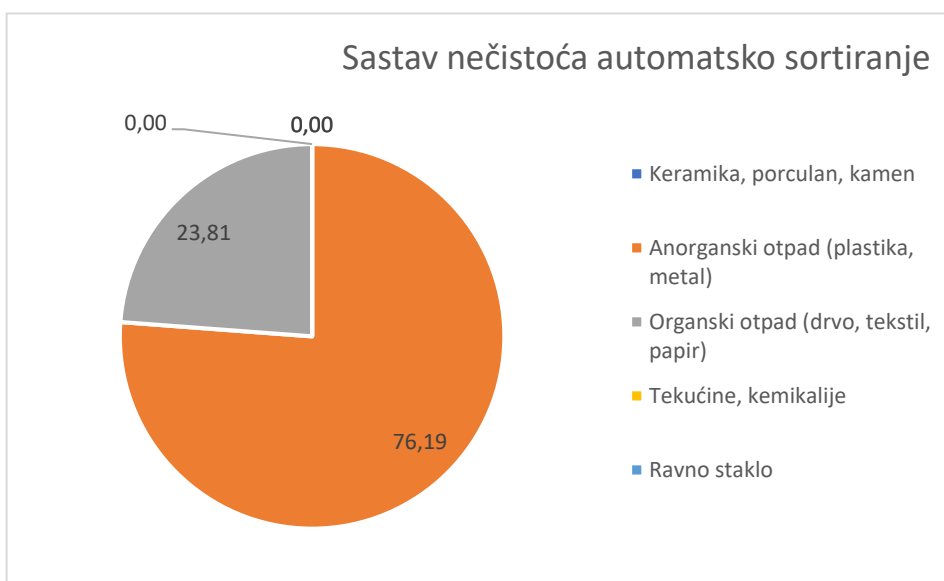


Slika 22. Sastav otpadne staklene ambalaže u SPN

Otpadna ambalaža sortirana je ručno te kako bi se provjerili dobiveni rezultati ambalaža je sortirana na poluautomatskoj sortnoj liniji kod oporabitelja [67].



Slika 23. Sastav nečistoća u otpadnoj staklenoj ambalaži u SPN ručno sortiranje

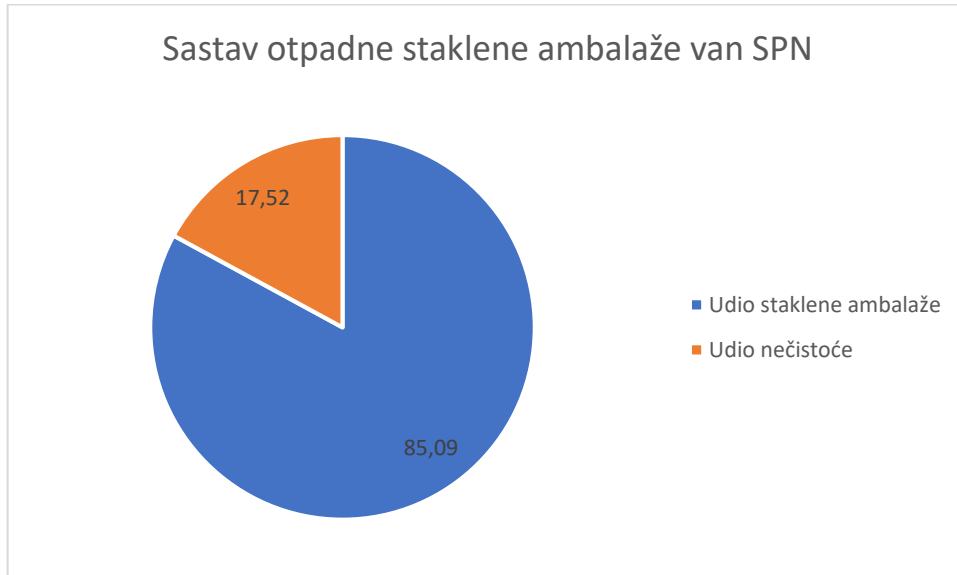


Slika 24. Sastav nečistoća u otpadnoj staklenoj ambalaži u SPN automatsko sortiranje

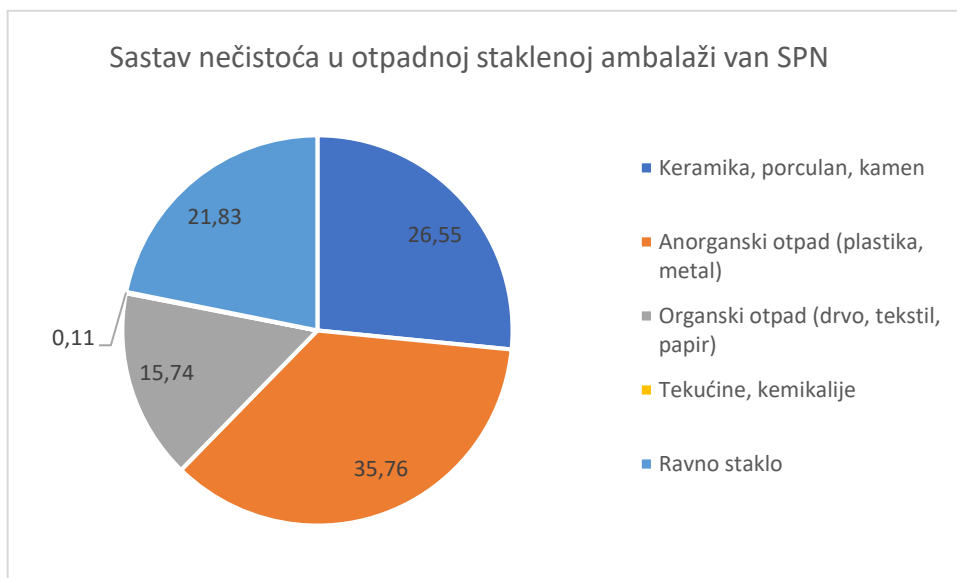
4.3.6. Otpadna staklena ambalaža van sustava povratne naknade

Za potrebe analiziranja otpadne staklene ambalaže van sustava povratne naknade, otpadna ambalaža sakupljena je sa reciklažnih dvorišta i spremnika za odvojeno prikupljanje otpadnog stakla na području grada Zagreba. Nakon analize dobivenih

rezultata, rezultati su usrednjeni te je dobivena prosječna vrijednost udjela nečistoća u otpadnoj staklenoj ambalaži van sustava povratne naknade.



Slika 25. Sastav otpadne staklene ambalaže van SPN



Slika 26. Sastav nečistoća u otpadnoj staklenoj ambalaži van SPN

5. ZAKLJUČAK

Unatoč svim svojim prednostima i višestrukoj ulozi, ambalaža predstavlja veliki problem za okoliš. U današnje vrijeme upotreba ambalaže je neizbježna no nakon upotrebe se odbacuje i postaje otpad. Pravilnim odlaganjem i zbrinjavanjem ambalažnog otpada uvelike se može smanjiti negativan utjecaj na okoliš kojeg ona uzrokuje.

Sam proces zbrinjavanja započinje sakupljanjem otpadne ambalaže. Ona se može sakupljati na kućnom pragu, na zelenim otocima, na pretovarnim stanicama i na reciklažnim dvorištima. Svaka pojedina vrsta ambalaže odlaže se u zasebni spremnik predviđen za određenu vrstu otpada kao npr. plastika se odlaže u žuti spremnik, papir i karton u plavi spremnik, metal u sivi spremnik, staklo u zeleni spremnik i sl.

Nakon sakupljanja otpadna ambalaža se reciklira te pretvara u novu ambalažu ili u novi proizvod. Prilikom odlaganja bitno je naglasiti da otpadna ambalaža mora biti čista i suha jer ostaci hrane ili ostalih proizvoda pakiranih u toj ambalaži mogu izazvati probleme prilikom recikliranja. Ostaci raznih prehrambenih proizvoda u otpadnoj ambalaži privlače razne insekte i glodavce te omogućuju stvaranje plijesni. Razni ostaci neprehrambenih proizvoda kao što su ostaci ulja, lakova i boja nije moguće lako reciklirati već se zbrinjavaju kao opasni otpad. Također ambalaže od lijekova i pesticida ne mogu se reciklirati nego se predaju ovlaštenim sakupljačima.

Nažalost, zbog nepravilnog zbrinjavanja, većina jednokratne otpadne ambalaže danas završava na odlagalištima otpada. Kako bi se spriječilo to nepotrebno gomilanje ambalaže na odlagalištima otpada bitno je poticati i educirati potrošače o pravilnom zbrinjavanju i razdvajanju otpadne ambalaže.

6. LITERATURA

1. Zakon o gospodarenju otpadom, Narodne novine 84/2021, preuzeto s: https://narodne-novine.nn.hr/clanci/sluzbeni/2021_07_84_1554.html, (08.03.2022.)
2. Fond za zaštitu okoliša i energetska učinkovitost: Ambalažni otpad, preuzeto s: <https://www.fzoeu.hr/hr/ambalazni-otpad/7745>, (08.03.2022.)
3. Hrvatska obrtnička komora: Značenje pojmova iz Pravilnika o ambalaži, preuzeto s: http://infos.hok.hr/faq/f_tehnicka_pitanja/f9_zastita_okoline/znacenje_pojmova_iz_pravilnika_o_ambalazi
4. Pravilnik o ambalaži i otpadnoj ambalaži, Narodne novine 88/2015, preuzeto s: https://narodne-novine.nn.hr/clanci/sluzbeni/2015_08_88_1735.html, (08.03.2022.)
5. Raoul Meys, Felicitas Frick, Stefan Westhues, André Sternberg, Jürgen Klankermayer, André Bardow, Towards a circular economy for plastic packaging wastes – the environmental potential of chemical recycling, Resources, Conservation and Recycling, Volume 162, 2020, 105010, ISSN 0921-3449, <https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2020.105010>.
(<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S092134492030327X>) 29.03.2022.
6. plastomeri. *Hrvatska enciklopedija, mrežno izdanje*. Leksikografski zavod Miroslav Krleža, 2021., preuzeto s: <http://www.enciklopedija.hr/Natuknica.aspx?ID=48622> (08.03.2022.)
7. duromeri. *Hrvatska enciklopedija, mrežno izdanje*. Leksikografski zavod Miroslav Krleža, 2021., preuzeto s: <http://www.enciklopedija.hr/Natuknica.aspx?ID=16694> (08.03.2022.)
8. Komunalac, Gradsko komunalno poduzeće d.o.o.: Vrste plastike i kako se reciklira, preuzeto s: <https://koprivnica.hr/wp-content/uploads/2019/02/Vrste-plastike-i-kako-se-reciklira.pdf> (11.03.2022.)
9. Što je HDPE plastika, preuzeto s: <https://hr.lamscience.com/what-is-hdpe-plastic> (11.03.2022.)
10. poli (vinil klorid). *Hrvatska enciklopedija, internetsko izdanje*. Leksikografski zavod Miroslav Krleža, 2021., preuzeto s: <http://www.enciklopedija.hr/Natuknica.aspx?ID=49251>, (11.03.2022.)
11. Generalić, Eni. "Polivinil klorid." *Englesko-hrvatski kemijski rječnik & glosar*. 20 Oct. 2018. KTF-Split., preuzeto s: <https://glossary.periodni.com> (12.03.2022.)

12. Što je LDPE plastika, preuzeto s: <https://hr.lamscience.com/what-is-ldpe-plastic> (12.03.2022.)
13. polipropilen. Hrvatska enciklopedija, mrežno izdanje. Leksikografski zavod Miroslav Krleža, 2021. Preuzeto s: <http://www.enciklopedija.hr/Natuknica.aspx?ID=49209>, (12.03.2022.)
14. polistiren. *Hrvatska enciklopedija, mrežno izdanje*. Leksikografski zavod Miroslav Krleža, 2021., preuzeto s: <http://www.enciklopedija.hr/Natuknica.aspx?ID=49224> (12.03.2022.)
15. Marciuš, F. K. (2021.) Recikliranje PET ambalaže. Diplomski rad. Koprivnica: Sveučilište Sjever
16. Rajčić, V.: Svojstva drva kao materijala (interna skripta), Građevinski fakultet sveučilišta u Zagrebu, preuzeto s: https://www.grad.unizg.hr/download/repository/Svojstva_drva_2014%5B2%5D.pdf
17. Jinsheng Gou, Liuming Song, Hui Liu, Dandan Shen, Wanxiao Hu, Wenliang Wang, Xueyong Ren, and Jianmin Chang. Release Profile of Nitrogen During Thermal Treatment of Waste Wood Packaging Materials . *Journal of Bioresources and Bioproducts*, 4, pp. 166–176, 2019. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2369969820300153> 29.03.2022.
18. Pravilnik o fitosanitarnim zahtjevima kojima mora udovoljavati drveni materijal za pakiranje u međunarodnom prometu, Narodne novine 40/2005, preuzeto s: https://narodne-novine.nn.hr/clanci/sluzbeni/2005_03_40_791.html (29.03.2022.)
19. Petrić, D., Vusić, D., i Geček, R. (2012). 'Kartoni: od proizvodnje do konačne primjene', *Tehnički glasnik*, 6(2), str. 219-227. Preuzeto s: <https://hrcak.srce.hr/94811> (Datum pristupa: 13.03.2022.)
20. Hafsa Jamshaid, Uzair Hussain, Rajesh Mishra, Martin Tichy, and Miroslav Muller. Turning textile waste into valuable yarn. *Cleaner Engineering and Technology*, 5, pp. 100341, 2021. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2666790821003013> 19.03.2022.
21. staklo. *Hrvatska enciklopedija, mrežno izdanje*. Leksikografski zavod Miroslav Krleža, 2021., preuzeto s: <http://www.enciklopedija.hr/Natuknica.aspx?ID=57714> (19.03.2022.)
22. Recikliranje stakla, preuzeto s: <http://recikliranje-stakla.com/recikliranje-stakla/> (19.03.2022.)

23. Metal packaging, preuzeto s: <https://www.metalpackagingeurope.org/metal-packaging> (19.03.2022.)
24. Zagrebački centar za gospodarenje otpadom: Razvrstati otpad možemo svi, preuzeto s: <https://www.zcgo.hr/otpad-u-zagrebu-pregled/metalna-ambalaza-i-limenke> (19.03.2022.)
25. Sekopak: Višeslojna ambalaza, preuzeto s: <https://sekopak.com/ambalazni-otpad/viseslojna-ambalaza/> (19.03.2022.)
26. Sarah Kakadellis and Zoe M. Harris. Don't scrap the waste: The need for broader system boundaries in bioplastic food packaging life-cycle assessment – A critical review. *Journal of Cleaner Production*, 274, pp. 122831, 2020. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0959652620328766> 29.03.2022.
27. C. W. Tallentire and B. Steubing. The environmental benefits of improving packaging waste collection in Europe. *Waste Management*, 103, pp. 426–436, 2020. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0956053X19308001> 29.03.2022.
28. Anić Vučinić, A.: Sustav sakupljanja komunalnog otpada (interna skirpta), Geotehnički fakultet, 29.03.2022.
29. Daria Battini, Lucia Botti, Cristina Mora, and Fabio Sgarbossa. Ergonomics and human factors in waste collection: Analysis and suggestions for the door-to-door method. *IFAC-PapersOnLine*, 51, pp. 838–843, 2018. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2405896318315702> 30.03.2022.
30. Strateška studija o utjecaju plana gospodarenja otpadom Republike Hrvatske za razdoblje 2016.-2022. na okoliš (30.03.2022.)
31. Regionalni centar čistog okoliša: Pretovarne stanice, preuzeto s: <https://rcco.hr/1494-2/> (30.03.2022.)
32. Fond za zaštitu okoliša i energetska učinkovitost: Reciklažna dvorišta, preuzeto s: <https://www.fzoeu.hr/hr/reciklazna-dvorista/7589> (01.04.2022.)
33. Upute za određivanje i tehnički opisi postupaka uporabe (R) i zbrinjavanja (D) otpada, preuzeto s: http://www.haop.hr/sites/default/files/uploads/dokumenti/021_otpad/Upute/OTP_D_Upute%20za%20odredjivanje%20i%20tehnicki%20opisi%20postupaka%20oporabe%20R%20i%20zbrinjavanja%20D.pdf (23.04.2022.)
34. Ioannis Antonopoulos, Giorgia Faraca, and Davide Tonini. Recycling of post-consumer plastic packaging waste in the EU: Recovery rates, material flows, and barriers. *Waste Management*, 126, pp. 694–705, 2021.

- <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2021.04.002>, preuzeto s: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0956053X21001999> (23.04.2022.)
35. Hrnjak-Murgić Z.: Gospodarenje polimernim otpadom, (2016), Zagreb, Fakultet kemijskog inženjerstva i tehnologije
36. Ptiček Siročić, A., Đurina, M. i Špoljarić, E. (2016). Oporaba pet ambalaže. *Environmental Engineering - Inženjerstvo okoliša*, 3 (1), 83-88. Preuzeto s <https://hrcak.srce.hr/162342>
37. Prerada plastike i metala, Ekstruzija, preuzeto sa: <https://www.plastika-haluzan.hr/ekstruzija/> (26.04.2022.)
38. Secchi, S., Asdrubali, F., Cellai, G., Nannipieri, E., Rotili, A., & Vannucchi, I. (2016). *Experimental and environmental analysis of new sound-absorbing and insulating elements in recycled cardboard. Journal of Building Engineering*, 5, 1–12. doi:10.1016/j.jobbe.2015.10.005
<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S2352710215300395> 29.04.2022 (26.04.2022.)
39. Izvješće o gospodarenju otpadnom ambalažom u Republici Hrvatskoj u 2019. godini, preuzeto s: http://www.haop.hr/sites/default/files/uploads/dokumenti/021_otpad/Izvjescja/ostalo/OT_P_Izvjec%20A1%C4%87e_ambala%C5%BEni%20otpad_2019_WEB.PDF
40. Regionalni centar čistog okoliša: Recikliranje papira, preuzeto s: <https://rcco.hr/recikliranje-papira/> (01.05.2022.)
41. What is cardboard recycling, preuzeto s: <https://www.conserve-energy-future.com/cardboard-recycling.php> (01.05.2022.)
42. flotacija. *Hrvatska enciklopedija, mrežno izdanje*. Leksikografski zavod Miroslav Krleža, 2021., preuzeto s: <http://www.enciklopedija.hr/Natuknica.aspx?ID=19949> (01.05.2022.)
43. Metal packaging, pristupljeno s: <https://www.fostplus.be/en/recycling/metal-packaging> (01.05.2022.)
44. Bedeković, G., Salopek, B., i Sobota, I. (2008). 'UČINKOVITOST SEPARIRANJA METALNOG OTPADA U MAGNETSKOM SEPARATORU S VRTLOŽNIM STRUJAMA', *Rudarsko-geološko-naftni zbornik*, 20(1), str. 65-70. Preuzeto s: <https://hrcak.srce.hr/30482> (Datum pristupa: 01.05.2022.)
45. Ingrao, C., Saja, C., & Primerano, P. (2021). *Application of Life Cycle Assessment to chemical recycling of post-use glass containers on the laboratory scale towards*

- circular economy implementation. Journal of Cleaner Production*, 307, 127319. doi:10.1016/j.jclepro.2021.127319, preuzeto s: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0959652621015389> (05.05.2022.)
46. Glass recycling, preuzeto s: <https://gaskellswaste.co.uk/recycling/glass-reprocessor/> (05.05.2022.)
47. Dirgar, E., Oral, O., Packaging textiles and their application areas (2014.), preuzeto s: <http://textotex.com/application/static/data/file/eng/Esra%20DIRGAR.pdf> (10.05.2022.)
48. Bačun, D. Priručnik o znakovima na proizvodima i ambalaži (2009.), preuzeto s: <http://www.logokod.hr/images/pdf/Prirucnik%20o%20znakovima%20na%20proizvodi%20i%20ambalazi%20-%20HR%20PSOR.pdf> (12.05.2022.)
49. PROVEDBENA ODLUKA KOMISIJE (EU) 2019/665 od 17. travnja 2019. o izmjeni Odluke 2005/270/EZ o utvrđivanju formata u odnosu na sustav baza podataka na temelju Direktive 94/62/EZ Europskog parlamenta i Vijeća o ambalaži i ambalažnom otpadu, preuzeto s: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/HR/TXT/PDF/?uri=CELEX:32019D0665&from=EN> (12.05.2022.)
50. Obrada drvenog otpada, preuzeto s: <https://www.tehnoeko.com.hr/7185/Obrada-drvenog-otpada> (12.05.2022.)
51. Fuk, B. (2017). 'Posebne kategorije otpada (I. dio)', *Sigurnost*, 59(1), str. 69-74. Preuzeto s: <https://hrcak.srce.hr/179787> (Datum pristupa: 10.05.2022.)
52. Georgiopoulou, I., Pappa, G. D., Vouyiouka, S. N., & Magoulas, K. (2021). *Recycling of post-consumer multilayer Tetra Pak® packaging with the Selective Dissolution-Precipitation process. Resources, Conservation and Recycling*, 165, 105268. doi:10.1016/j.resconrec.2020.105268, preuzeto s: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0921344920305838> (13.05.2022.)
53. Kovačić, L. Automatski i ručni prihvat otpadne ambalaže u sustavu povratne naknade (2020.) Završni rad. Varaždin: Geotehnički fakultet, preuzeto s: <https://repozitorij.gfv.unizg.hr/islandora/object/gfv%3A501/datastream/PDF/view>
54. Upute za odvajanje otpada, preuzeto s: <https://www.eko-flor.hr/index.php/hr/ct-menu-item-2/ct-menu-item-6> (14.05.2022.)
55. <https://ecology.wa.gov/recycleright>

56. Williams, H., Wikström, F., Otterbring, T., Löfgren, M., & Gustafsson, A. (2012). *Reasons for household food waste with special attention to packaging*. *Journal of Cleaner Production*, 24, 141–148. doi:10.1016/j.jclepro.2011.11.044, preuzeto s: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0959652611004793> (14.05.2022.)
57. Bernhard Wohner, Erik Pauer, Victoria Heinrich and Manfred Tacker: *Packaging-Related Food Losses and Waste: An Overview of Drivers and Issues*, preuzeto s: https://circularanalytics.com/fileadmin/user_upload/Packaging-Related-Food-Losses-and-Waste_Bernhard-Wohner_2018.pdf (14.05.2022.)
58. Meurer, I. R., Lange, C. C., Hungaro, H. M., Valenzuela Bell, M. J., de Carvalho dos Anjos, V., Antonio de Sá Silva, C., & Aparecida de Oliveira Pinto, M. (2017). Quantification of whole ultra high temperature UHT milk waste as a function of packages type and design. *Journal of Cleaner Production*, 153, 483–490. doi:10.1016/j.jclepro.2016.10.172, preuzeto s: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0959652616318030> (14.05.2022.)
59. Farmaceutski otpad, preuzeto s: <https://www.ekologija.com.hr/farmaceutski-otpad/> (14.05.2022.)
60. Ambalaža od herbicida i pesticida, preuzeto s: <http://flora-vtc.hr/vodic-za-postupanje-sa-otpadom-iz-kucanstva/ambalaza-od-herbicida-i-pesticida/> (14.05.2022.)
61. EKO PRIRUČNIK Gospodarenje otpadom u radionicama za servisiranje i održavanje vozila (2012.), preuzeto s: <https://www.komunalac-opatija.hr/assets/prirucnik-automehanicari.pdf> (14.05.2022.)
62. Lina Fogt Jacobsen, Susanne Pedersen, John Thøgersen, Drivers of and barriers to consumers' plastic packaging waste avoidance and recycling – A systematic literature review, *Waste Management*, Volume 141, 2022, Pages 63-78, ISSN 0956-053X, <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2022.01.021>, preuzeto s: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0956053X22000228>
63. Helén Williams, Annika Lindström, Jakob Trischler, Fredrik Wikström, and Zane Rowe. Avoiding food becoming waste in households – The role of packaging in consumers' practices across different food categories. *Journal of Cleaner Production*, 265, pp. 121775, 2020., <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.121775>, preuzeto s: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0959652620318229?via%3Dihub>

64. Gonzalo Martínez-Barrera, Juan José del Coz-Díaz, Mar Alonso-Martínez, and Miguel Martínez-López. Lamellae of waste beverage packaging (Tetra Pak) and gamma radiation as tools for improvement of concrete. *Case Studies in Construction Materials*, 12, pp. e00315, 2020., <https://doi.org/10.1016/j.cscm.2019.e00315>, <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2214509519304176>
65. Babak Nemat, Mohammad Razzaghi, Kim Bolton, and Kamran Rousta. Design affordance of plastic food packaging for consumer sorting behavior. *Resources, Conservation and Recycling*, 177, pp. 105949, 2022., <https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2021.105949>, preuzeto s: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0921344921005589>
66. Ximena C. Schmidt Rivera, Craig Leadley, Lynneric Potter, and Adisa Azapagic. Aiding the Design of Innovative and Sustainable Food Packaging: Integrating Techno-Environmental and Circular Economy Criteria. *Energy Procedia*, 161, pp. 190–197, 2019., <https://doi.org/10.1016/j.egypro.2019.02.081>, preuzeto s: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1876610219311609>
67. Analiza utvrđivanja sastava i udjela nečistoće otpadne PET, aluminijske, željezne i staklene ambalaže, Mundo melius d.o.o. 2021. godina za potrebe fonda za zaštitu okoliša i energetske učinkovitost.

7. POPIS SLIKA

Slika 1. Vrste plastike, preuzeto s: <https://www.hzjz.hr/sluzba-zdravstvena-ekologija/materijali-i-predmeti-koji-dolaze-u-neposredan-dodir-s-hranom/>

Slika 2. Drvena ambalaža - palete, preuzeto s: <https://drvotehnika.info/clanci/odrziva-drvena-ambalaza>

Slika 3. Kartonska ambalaža – kartonske kutije, preuzeto s: <http://lbn.com.hr/page.php?p=kartonske-kutije-f3a13e1>

Slika 4. Ambalaža od tekstila – jutena vreća, preuzeto s: <https://www.link-elearning.com/site/kursevi/lekcija/10051>

Slika 5. Staklena ambalaža, preuzeto s: <https://www.vetropack.hr/hr/staklena-ambalaza/staklene-boce/>

Slika 6. Metalna ambalaža – aluminijske limenke, preuzeto s: <https://www.zcgo.hr/otpad-u-zagrebu-pregled/metalna-ambalaza-i-limenke>

Slika 7. Višeslojna ambalaža - tetrapak, preuzeto s: <https://industriadigital.net/post/tetrapack-usara-la-industria-40-para-garantizar-innovacion-y-seguridad-en-los-alimentos-5f9b25dbf2016>

Slika 8. Spremnici za otpad kod skupljanja na „kućnom pragu“, preuzeto s: <http://www.kronikevg.com/opcina-orle-od-srpnja-ce-prikupljanje-otpada-provoditi-vg-cistoca/>

Slika 9. Zeleni otok, preuzeto s: https://komunalno.vio-zapresic.hr/wp-content/uploads/sites/3/2017/06/selektiranje_brosura.pdf

Slika 10. Reciklažno dvorište, preuzeto s: <https://www.ekovjesnik.hr/clanak/116/nicu-reciklazna-dvorista-po-cijeloj-hrvatskoj>

Slika 11. Oznaka povratne naknade, preuzeto s: https://narodne-novine.nn.hr/clanci/sluzbeni/full/2016_08_78_1795.html

Slika 12. Slojevi tetrapak pakiranja, preuzeto s: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2214509519304176>

Slika 13. Ostaci mlijeka u pakiranju, preuzeto s: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0959652616318030>

Slika 14. Ostaci boje u metalnoj ambalaži, preuzeto s: <https://www.popularmechanics.com/home/interior-projects/a3098/paint-disposal-options/>

Slika 15. Tok otpadne PET ambalaže, Analiza utvrđivanja sastava i udjela nečistoće otpadne PET, aluminijske, željezne i staklene ambalaže, Mundo melius d.o.o. 2021. godina za potrebe fonda za zaštitu okoliša i energetske učinkovitost

Slika 16. Sastav otpadne PET ambalaže u SPN uključujući Cedevitu i Q pack, Analiza utvrđivanja sastava i udjela nečistoće otpadne PET, aluminijske, željezne i staklene ambalaže, Mundo melius d.o.o. 2021. godina za potrebe fonda za zaštitu okoliša i energetske učinkovitost

Slika 17. Udjeli materijala u otpadnoj PET ambalaži u SPN, Analiza utvrđivanja sastava i udjela nečistoće otpadne PET, aluminijske, željezne i staklene ambalaže, Mundo melius d.o.o. 2021. godina za potrebe fonda za zaštitu okoliša i energetske učinkovitost

Slika 18. Udio materijala u otpadnoj PET ambalaži (%), Analiza utvrđivanja sastava i udjela nečistoće otpadne PET, aluminijske, željezne i staklene ambalaže, Mundo melius d.o.o. 2021. godina za potrebe fonda za zaštitu okoliša i energetske učinkovitost

Slika 19. Sustav otpadne PET ambalaže van sustava povratne naknade, Analiza utvrđivanja sastava i udjela nečistoće otpadne PET, aluminijske, željezne i staklene ambalaže, Mundo melius d.o.o. 2021. godina za potrebe fonda za zaštitu okoliša i energetske učinkovitost

Slika 20. Tok otpadne Fe/Al ambalaže, Analiza utvrđivanja sastava i udjela nečistoće otpadne PET, aluminijske, željezne i staklene ambalaže, Mundo melius d.o.o. 2021. godina za potrebe fonda za zaštitu okoliša i energetske učinkovitost

Slika 21. Sastav otpadne Al/Fe ambalaže, Analiza utvrđivanja sastava i udjela nečistoće otpadne PET, aluminijske, željezne i staklene ambalaže, Mundo melius d.o.o. 2021. godina za potrebe fonda za zaštitu okoliša i energetske učinkovitost

Slika 22. Sastav otpadne staklene ambalaže u SPN, Analiza utvrđivanja sastava i udjela nečistoće otpadne PET, aluminijske, željezne i staklene ambalaže, Mundo melius d.o.o. 2021. godina za potrebe fonda za zaštitu okoliša i energetske učinkovitost

Slika 23. Sastav nečistoća u otpadnoj staklenoj ambalaži u SPN ručno sortiranje, Analiza utvrđivanja sastava i udjela nečistoće otpadne PET, aluminijske, željezne i staklene

ambalaže, Mundo melius d.o.o. 2021. godina za potrebe fonda za zaštitu okoliša i energetske učinkovitost

Slika 24. Sastav nečistoća u otpadnoj staklenoj ambalaži u SPN automatsko sortiranje, Analiza utvrđivanja sastava i udjela nečistoće otpadne PET, aluminijske, željezne i staklene ambalaže, Mundo melius d.o.o. 2021. godina za potrebe fonda za zaštitu okoliša i energetske učinkovitost

Slika 25. Sastav otpadne staklene ambalaže van SPN, Analiza utvrđivanja sastava i udjela nečistoće otpadne PET, aluminijske, željezne i staklene ambalaže, Mundo melius d.o.o. 2021. godina za potrebe fonda za zaštitu okoliša i energetske učinkovitost

Slika 26. Sastav nečistoća u otpadnoj staklenoj ambalaži van SPN, Analiza utvrđivanja sastava i udjela nečistoće otpadne PET, aluminijske, željezne i staklene ambalaže, Mundo melius d.o.o. 2021. godina za potrebe fonda za zaštitu okoliša i energetske učinkovitost