

FORMULACIJA OTPADA GENERISANOG TOKOM PROIZVODNJE TETRA-PAK AMBALAŽE**FORMULATION OF WASTE GENERATED DURING THE PRODUCTION OF TETRA-PAK PACKAGING**

Jelena Mališević, Savka Adamović, *Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad*

Oblast – GRAFIČKO INŽENJERSTVO I DIZAJN

Kratak sadržaj – Cilj rada jeste identifikacija osobina otpada u odabranim fazama proizvodnje tetra-pak ambalaže kako bi se generisani otpad kategorisao u odgovarajuću grupu. Dodatna karakterizacija otpada izvršena je na osnovu parametara C, Q, R, Y i H liste. Kroz 3R koncept utvrđeno je da li je nastali otpad moguće: obnoviti, ponovo upotrebiti, ili reciklirati.

Ključne reči: Tetra-pak ambalaža, otpad, reciklaža, 3R koncept

Abstract – The paper carried out the identification of the waste characteristics in the selected stages of the production of tetra-pak packaging to categorize the generated waste into the appropriate group. Then, additional waste characterization was performed based on the parameters of the C, K, R, I, and H lists. Finally, through the 3R concept, it is determined whether the generated waste can be: recovered, reused, or recycled.

Keywords: Tetra-pak packaging, waste, recycling, 3R concept

1. UVOD

Ambalaža je materijal u koji je proizvod smešten ili kojim je obavijen. U zavisnosti od proizvoda za koji je namenjena, danas je moguće izraditi ambalažu raznovrsnih oblika, različitih veličina i materijala (papirna i kartonska, metalna, staklena, itd.). Osnovna uloga ambalaže jeste da štiti proizvod od trenutka pakovanja, do trenutka upotrebe kod krajnjeg potrošača [1]. S jedne strane ambalaža štiti proizvod od mehaničkih, fizičko-hemijskih, mikrobioloških i bioloških faktora. S druge strane, ambalaža štiti i životnu sredinu od delovanja upakovanog sadržaja, pogotovo kada je reč o zapaljivim, otrovnim i drugim opasnim materijama [2].

Razvoj svih grana industrije uslovio je povećanu potražnju, a samim tim i proizvodnju novih višeslojnih ambalažnih materijala. Tako je ambalaža od svoje osnovne funkcije, da spreči rasipanje sadržaja, preko funkcije propustljivosti, razvijena do stepena mogućnosti da komunicira sa korisnikom [3]. Zahvaljujući štampi ambalaža je dobila vizuelni identitet kojim ostvaruje interakciju sa korisnikom.

NAPOMENA:

Ovaj rad proistekao je iz master rada čiji mentor je bila dr Savka Adamović, vanr. prof.

Tokom istorije, skladištenje prehrambenih proizvoda bilo je moguće zahvaljujući mnogobrojnim materijalima. Za skladištenje tečnih proizvoda, u upotrebi su bile plastične i staklene boce i plastične kese, dok se kartonska ambalaža upotrebljava tek od sredine 20. veka. Takođe, od 1950. godine počinje i primena tetra-pak ambalaže [4].

Tetra-pak ambalaža je višeslojan proizvod koji se sastoji od: 75% papira, 20% polietilena i 5% aluminijuma [2]. Svaki od navedenih slojeva ima odgovarajuće funkcije. Tako, papir omogućava krutost i mehaničku potporu, polietilen sprečava curenje sadržaja, prodiranje vlage i kontakt tečnosti sa slojem aluminijuma, dok aluminijum pruža zaštitu od vazduha, svetlosti i drugih spoljašnjih faktora. Takođe, njihova kombinacija pruža tetra-pak ambalaži sposobnost očuvanja proizvoda od kvarenja, lak i bezbedan transport i trajno skladištenje proizvoda [4].

Tetra-pak ambalaža se štampa dubokom tehnikom štampe u kojoj su neštampajući elementi uzdignuti u odnosu na štampajuće, tj. štampajući elementi su utisnuti u podlogu. Na celokupnu površinu štamparske forme se nanosi grafička boja, čiji se višak sa neštampajućih elemenata uklanja rakelom. Na štamparsku formu se zatim postavlja materijal za štampu, a pomoću pritisnog cilindra se boja sa štamparske forme prenosi na podlogu, tj. tetra-pak ambalažu [5].

Razvoj ambalažnih materijala i same ambalaže sa ekološkog aspekta podrazumeva: smanjenje mase otpada, odvajanje i ponovnu upotrebu ambalaže, reciklažu, sagorevanje otpada i smanjenje mase za odlaganje na deponiju. Kako je otpad veoma raznovrsan ili višeslojan (u slučaju tetra-pak ambalaže), nije moguće pronaći jedno rešenje za njegovo upravljanje. Mnogi faktori, kao što su sastav, količina otpada, ekonomski troškovi različitih metoda upravljanja koji se razlikuju od države do države, utiču na izbor metoda za upravljanje otpadom [3].

Ambalažna industrija, koja je u neprekidnom porastu, stvara velike količine zagađenja zato što se veliki deo proizvodnje zasniva na korišćenju neobnovljivih izvora i sirovina, kao što su metali, nafta i njeni derivati. Postoje tri osnovna tipa aktivnosti koje se primenjuju kako se ne bi iscrpeli prirodni resursi i kako ne bi došlo do porasta količine čvrstog otpada: redukcija, reciklaža i ponovna upotreba [3].

Za sagledavanje ekološkog uticaja proizvodnje, i za adekvatan izbor mera zaštite, kako radnog tako i životnog okruženja, neophodno je razumeti faze procesa u grafičkoj proizvodnji. Osim proizvoda i poluproizvoda koji se generišu u grafičkoj industriji, veliki procenat čine

i različite vrste otpada koji se zbog svoje raznovrsnosti deli na: čvrst, tečan i gasovit. Zato je neophodno generisane grafičke otpade kategorisati u odgovarajuću grupu u cilju procene uticaja na životnu sredinu, kao i za adekvatnu reciklažu u skladu sa pravilnicima i zakonima o upravljanju otpadom, u Republici Srbiji i u svetu.

2. EKSPERIMENTALNI DEO

2.1. Identifikacija otpada tetra-pak ambalaže

Uspeh poslovanja kompanije Tetra Pak u velikoj meri se oslanja na jaku proizvodnu mrežu koja snabdeva i uslužuje veliki geografski prostor.

Kompanija Tetra Pak, kao vodeći proizvođač aseptične ambalaže za mleko, sokove i nektare, u Republici Srbiji je prisutna od 1963. godine. Kompanija Tetra Pak promovise odgovorno liderstvo u poslovanju i profitabilan rast uz očuvanje životne sredine [6].

Otpad u kompaniji Tetra Pak analiziran je na osnovu odabranih faza aktivnosti u proizvodnji tetra-pak ambalaže, ali i prema mestu nastanka proizvoda. Za faze tokom generisanja proizvoda odabrani su:

- proces proizvodnje ambalaže (1),
- proces nastanka otpadne vode i rastvora generisanih tokom proizvodnje (2),
- priprema za štampu (3),
- sam proces štampe (4),
- aktivnosti čišćenja kompletnog procesa proizvodnje (5) i
- aktivnosti održavanja opreme (6).

Za mesta nastanka otpada tokom proizvodnje tetra-pak ambalaže odabrani su:

- laminatori (7) i
- štamparija (8).

Za karakterizaciju definisanih vrsta otpada dati su podaci o:

- nazivu,
- indeksnom broju,
- karakteru (opasan ili neopasan) i
- karakteristikama otpada prema agregatnom stanju (čvrsto, tečno ili mulj).

Pravilnik o kategorijama, ispitivanju i klasifikaciji otpada Republike Srbije propisuje C, Q, R, Y i H liste [7]. Za svaku vrstu generisanog otpada navedeni su parametri na osnovu:

- kategorije otpada (Q lista),
- kategorije opasnog otpada prema njihovoj prirodi ili aktivnosti kojom se stvaraju (Y lista),
- komponenti otpada koje ga čine opasnim (C lista),
- opasnih karakteristika otpada (H lista) i
- postupaka i metoda odlaganja i ponovnog iskorišćenja otpada (D i R lista).

2.2. Reciklaža otpada tetra-pak ambalaže

Ponovno iskorišćenje i reciklaža otpada iz odabranih faza i mesta proizvodnje tetra-pak ambalaže, izdvajanje sekundarnih sirovina iz otpada i korišćenje otpada kao energenta, analizirano je u radu. Dakle, kroz 3R koncept utvrđeno je da li je generisan otpad iz proizvodnje tetra-pak ambalaže moguće:

- obnoviti (O),
- ponovo upotrebiti (PU) ili
- reciklirati (R).

3. REZULTATI I DISKUSIJA

3.1. Parametri C, Q, R, Y i H lista otpada tetra-pak ambalaže

U proizvodnji tetra-pak ambalaže (1) nastaje papirni, kartonski i plastični (polimerni) ambalažni otpad. Prema karakteru to su neopasni otpadi čvrstog agregatnog stanja poput: omotnih i štampanih papira, laminiranog otpada, polietilenskih folija, kartonskih hilzni, trakastih materijala i kompozitne ambalaže. Prema indeksnim brojevima neopasni ambalažni otpadi ne sadrže C, Y i H oznake koje se odnose na opasan otpad. Samo otpadni trakasti materijali mogu se iskoristiti kao sredstva za proizvodnju energije (R1), dok otpadna polietilenska folija zahteva promene da bi se navedeni otpad podvrgao operacijama iskorišćenja poput stvaranja sirovina za proizvodnju energije ili za recikliranje.

U toku procesa proizvodnje tetra-pak ambalaže nastaju i otpadne vode i rastvori (2) koje sadrže otpadne hemikalije, sredstvo za čišćenje, zaprljane celofane od čišćenja štamparske opreme, kao i mulj koji nastaje u tretmanu destilacije otpadne vode. Prema indeksnim brojevima navedeni otpadi sadrže opasne organske i neorganske supstance i prisutni su u tečnom i/ili čvrstom agregatnom stanju. Otpadna voda i rastvori sadrže C, Y i H oznake koje se odnose na opasan otpad. Otpadni rastvori (sem baze natrijum-hidroksida) sadrže ugljovodonike, ali i kiseonična, azotna i sumporna organska i neorganska jedinjenja. Otpadni mulj od destilacije otpadne vode sadrži ulja (prema Y8) i zahteva promene da bi se podvrgao operacijama iskorišćenja. Otpadni mulj od destilacije otpadne vode prema Y12 sadrži ostatke grafičkih boja, pigmentata, farbi, lakova i firnajsja, pa je „ekotoksičan” otpad koji predstavlja ili može predstavljati neposredne ili odložene rizike za jedan ili više sektora životne sredine.

Iz faze pripreme za štampu (3) samo su optadni klišeji i njihovi sunderi neopasni. Opasne otpade generisane u fazi pripreme štampe tetra-pak ambalaže čine: prajmeri, mulj iz destilacije rastvarača Flexosola, metalne četke, papirne krpe od čišćenja Twinlock mašina, rastvor Cyrel Flexosol, aktivni ugalj, filter od odsisa lasera sa ESKO artwork mašine i sredstvo za čišćenje. Osim mulja, rastvora Cyrel Flexosol i sredstva za čišćenje, koji su tečne materije, preostali navedeni otpadni materijali su u čvrstom stanju. Navedeni opasni otpadi prema C51 sadrže ugljovodonike, ali i kiseonična, azotna i sumporna organska i neorganska jedinjenja. Otpadni mulj iz destilacije rastvarača Flexosola još dodatno može da sadrži i halogene rastvarače.

U toku procesa štampe (4) tetra-pak ambalaže kao neopasni otpadi nastaju: aniloks valjci, polietilenski čepovi iz rolni papira, vodorastvorna boja i gumice od komore za boju. U opasne otpade navedene faze ubrajaju se: magenta boja na bazi rastvarača, zaujljene gumice od komore, proizvod Recyl Cobra i njegov neutralizator. Otpadne boje su tečne materije, neutralizator je prah, dok su preostali otpadi u procesu same štampe u čvrstom agregatnom stanju. Navedeni neopasni otpadi ne sadrže Y i N oznake koje se odnose na opasan otpad. Preostali opasni otpadi sadrže ugljovodonike, ali i kiseonična, azotna i sumporna organska i neorganska jedinjenja. Očekivano otpadna magenta boja sadrži ostatke grafičkih boja, poput pigmentata, farbi, lakova i firnajsja, koji izluživanjem mogu da proizvode druge supstance.

Neopasni otpadi (osušene krpe, mantili i nazuvice) nastali pri čišćenju kompletnog procesa (5) proizvodnje tetra-pak ambalaže ne sadrže S, R, Y i H oznake koje se odnose na opasan otpad. Za razliku od njih, otpadne pamučne krpe su opasan otpad koji sadrži ugljovodonike, ali i kiseonična, azotna i sumporna organska i neorganska jedinjenja. Krpe su kontaminirani materijali nastali u toku planiranog procesa (Q5), dok otpadni mantili i nazuvice nisu obuhvaćeni ovom listom. Prema agregatnom stanju navedeni otpadi iz čišćenja kompletnog procesa proizvodnje su čvrstog agregatnog stanja.

Pri održavanju opreme generišu se opasni, ali i neopasni otpadi u čvrstom i tečnom stanju. Opasne otpade čine: upotrebljena ulja, zauljeni filteri, sprej boce pod pritiskom i antifriz. Generisane neopasne otpade čine: plastični cilindri, metali, toneri, elektronski otpad i vazdušni filteri. Upotrebljena ulja i antifriz su tečne materije, dok su ostali otpadi iz navedene faze u čvrstom stanju. Otpadni plastični cilindri, metali, toneri, vazdušni filteri i elektronski otpad ne sadrže C, R, Y i H oznake koje se odnose na opasan otpad. Navedeni opasni otpadi nastali pri održavanju opreme sadrže ugljovodonike, ali i kiseonična, azotna i sumporna organska i neorganska jedinjenja. Prema Q listi otpadni zauljeni filteri su neupotrebljivi delovi (Q6), otpadna ulja ne zadovoljavaju (Q7), dok preostali otpadi ne spadaju u specifične kategorije prema načinu nastanka (Q16).

Laminatori (7) kao opasan otpad generišu samo belu smolu koja sadrži ugljovodonike, ali i kiseonična, azotna i sumporna organska i neorganska jedinjenja (C51). Bela smola je zapaljiva (H3V) i izluživanjem može da proizvodi druge supstance (H15). Preostali otpadi koje generišu laminatori (zeoliti i apsorbenti natopljeni smolom, aluminijumska folija, smola nastala kondenzacijom polietilenske kiseline, polietilenski blokovi, sakupljači vlage i mulj od pranja elektrostatičkih filtera) su netoksični i ne spadaju u specifične kategorije prema načinu nastanka (Q16). Otpadni zeoliti i aluminijumska folija mogu da se skladište na lokaciji njihovog nastanka pre nove upotrebe (R13), dok apsorbenti natopljeni smolom mogu da se koriste kao goriva ili sredstva za proizvodnju energije (R1). Otpadni mulj je tečan, dok su preostali otpadi koje generišu laminatori čvrste materije.

Otpadne maske i jednokratne rukavice su neopasan otpad u štampariji (8) i ne spadaju u specifične kategorije prema načinu nastanka (Q16). Otpadne kontaminirane ambalaže od hemikalija iz štamparije nisu obuhvaćene Q listom (Q16), dok se otpadna plastična ambalaža kontaminira u toku planiranog procesa (Q5). Prema Y 40, ambalaže od hemikalija mogu da sadrže bilo koju opasnu komponentu iz C ili H liste.

3.2. 3R koncept reciklaže otpada tetra-pak ambalaže

Kroz 3R koncept utvrđeno je da li je generisane vrste otpada u definisanim fazama (1-6) ili mestima (7 i 8) nastanka tetra-pak ambalaže moguće: obnoviti (O), ponovo upotrebiti (PU), ili reciklirati (R). Tabela 1 pokazuje rezultate analize otpada generisanog u fazama proizvodnje tetra-pak ambalaže, dok su rezultati analize otpada na mestima nastanka prikazani u tabeli 2.

Tabela 1. 3R koncept reciklaže generisanog otpada tetra-pak ambalaže u odabranim fazama proizvodnje

Faza	Naziv otpada	3R
(1)	Otpadni omotni papir	R
	Otpadni štampani papir	R
	Laminirani otpad	R
	Otpadna polietilenska folija	R
	Otpadna kartonska hilzna	O
	Otpadni trakasti materijali	O
	Otpadna kompozitna ambalaža	R
(2)	Otpadni mulj od destilacije otpadne vode	O
	Otpadni rastvor natrijum-hidroksida	O
	Otpadna hemikalija Extra cleaner	O
	Otpadno sredstvo za čišćenje	O
	Otpadni zaprljani celofani od čišćenja štamparske opreme	O
(3)	Otpadni prajmeri (flomasteri)	O
	Otpadni mulj iz destilerije rastvarača Flexosola	O
	Otpadne metalne četke	O
	Otpadne papirne krpe od čišćenja Twinlock mašina	O
	Otpadni rastvor Cyrel Flexosol	O
	Otpadni aktivni ugalj	O
	Otpadni filter od odsisa lasera sa ESKO artwork mašine	O
	Otpadni sunderi od klišeja	O
	Otpadni klišeji	O
Otpadno sredstvo za čišćenje	O	
(4)	Otpadna magenta boja na bazi rastvarača iz procesa štampe	O
	Otpadni anilox valjci	R
	Polietilenski čepovi iz rolni papira	O
	Otpadne gumice od komore	O
	Otpadne zauljene gumice od komore	O
	Otpadne vodorastvorne boje	O
	Otpadni proizvod Recyl Cobra	/
	Otpadni neutralizator Recyl Cobra	/
(5)	Otpadne pamučne krpe	O
	Otpadne osušene krpe	O
	Otpadni mantili i nazuvice	O
(6)	Otpadna upotrebljena ulja	R
	Otpadni zauljeni filteri od održavanja opreme i mašina	O
	Otpadni plastični cilindri	O
	Otpadni metal	Pu
	Otpadni toneri	R
	Elektronski otpad	R
	Otpadne sprej boce pod pritiskom	PU
	Otpadna tečnost (antifriz)	O
Otpadni vazdušni filteri	R	

Rezultati analize (tabele 1 i 2) pokazuju da se tokom proizvodnje tetra-pak ambalaže generišu 54 različite vrste otpada. Od toga, 36 vrsta otpada je moguće obnoviti, 13 vrsta je moguće reciklirati, dok je samo 3 vrste otpada moguće ponovo upotrebiti. Nažalost, status dva otpada je nedefinisan sa aspekta 3R koncepta, jer su neupotrebljivi.

Tabela 2. 3R koncept reciklaže generisanog otpada tetra-pak ambalaže na mestima nastanka

Mesto	Naziv otpada	3R
(7)	Otpadni zeolit	R
	Apsorbenti natopljeni smolom	O
	Otpadna aluminijumska folija	R
	Otpadna smola nastala kondenzacijom polietilenske kiseline	O
	Otpadni polietilenski blokovi	R
	Otpadni sakupljači vlage	O
	Otpadna bela smola nastala u procesu izduvavanja na laminatoru	O
	Otpadni tečni mulj od pranja elektrostatičkih filtera	O
	Otpadne maske i jednokratne rukavice	O
(8)	Otpadna kontaminirana ambalaža od hemikalija	PU
	Otpadna plastična ambalaža (Twinlock i Polycleaner)	O
	Otpadne maske i jednokratne rukavice	O

4. ZAKLJUČAK

U proizvodnji tetra-pak ambalaže generišu se neopasni i opasni otpadi, koji je neophodno kategorisati radi daljeg adekvatnog postupanja i zaštite životne sredine, ali i grafičkog okruženja.

Tokom proizvodnje tetra-pak ambalaže generišu se sledeći opasni otpadi:

- komponente otpadnih voda (mulj od destilacije otpadne vode, rastvor natrijum-hidroksida, hemikalija Extra cleaner, sredstvo za čišćenje i zaprljani celofani od čišćenja štamparske opreme),
- komponente iz faze pripreme za štampu (mulj iz destilerije rastvarača Flexosola, metalne četke, papirne krpe od čišćenja Twinlock atwork mašina, rastvor Cyrel Flexosol, aktivni ugalj, filter od odsisa lasera sa ESKO atwork mašine i sredstvo za čišćenje),
- komponente iz procesa štampe tetra-pak ambalaže (magenta boja na bazi rastvarača, zauljene gumice od komore, proizvod Recyl Cobra i njegov neutralizator za čišćenje anilox valjaka),
- otpadne pamučne krpe kontaminirane tokom čišćenja kompletnog procesa proizvodnje,
- komponente za održavanje opreme (ulja i zauljeni filteri, sprej boce pod pritiskom i antifriz),
- bela smola nastala u procesu izduvavanja na laminatoru i
- kontaminirana ambalaža od hemikalija koje koristi štamparija.

Neopasne otpade nastale tokom proizvodnje tetra-pak ambalaže predstavljaju:

- komponente iz procesa proizvodnje (omotni papir, štampani papir, laminirani otpad, polietilenska folija, kartonska hilzna, trakasti materijali i kompozitna ambalaža),
- komponente iz faze pripreme za štampu (kliše i njihovi sunderi),
- komponente generisane u toku procesa štampe tetra-pak ambalaže (vodorastvorne boje, magenta boja na

bazi vode, anilox valjci, polietilenski čepovi iz rolne papira i gumice od komore),

- krpe koje nisu bile u dodiru sa opasnim supstancama, maske, jednokratne rukavice, mantili i nazuvice, otpad nastao pri čišćenju kompletnog procesa proizvodnje,
- komponente za održavanje opreme (plastični cilindri, metal, toneri, elektronski otpad i vazdušni filteri) i
- komponente na laminatoru (zeoliti i apsorbenti natopljeni smolom, aluminijumska folija, smola nastala kondenzacijom polietilenske kiseline, polietilenski blokovi, sakupljači vlage i mulj od pranja elektrostatičkih filtera koje proizvode laminatori).

Primenom 3R koncepta reciklaže od produkovanih 54 različitih vrsta otpada tokom proizvodnje tetra-pak ambalaže, zaključeno je da se:

- 66,7% otpada može obnoviti,
- 24,1% otpada može reciklirati,
- 5,5% otpada može ponovo upotrebiti i
- 3,7% otpada ne mogu upotrebiti.

5. LITERATURA

- [1] <https://www.grid.uns.ac.rs/storage/download.php?fajl=7fcc48d22804dbbe9b66b607d51389d4> (pristupljeno u julu 2022.)
- [2] I. Vujković, "Polimerna i kombinovana ambalaža", Novi Sad, POLI izdavaštvo, 1997.
- [3] V. Lazić, D. Novaković, "Ambalaža i životna sredina: Monografija", Novi Sad, FTN izdavaštvo, 2010.
- [4] S. Adamović, M. Prica, Á. Szilágyi, N. Kašiković, R. Milošević, B. Banjanin, "Fizičko-mehanička i optička karakterizacija tetra pak ambalaže", 11th Proceedings of the Metrology and Quality in Production Engineering and Environmental Protection (ETIKUM 2017), pp. 189-192, Decembar 2017.
- [5] S. Petrović, "Proces proizvodnje ambalaže za tečnu hranu", Novi Sad, FTN izdavaštvo, 2016.
- [6] <https://www.tetrapak.com/en-rs/about-tetra-pak/local-pages/tetra-pak-u-srbiji> (pristupljeno u maju 2022.)
- [7] <https://www.paragraf.rs/propisi/pravilnik-kategorijama-ispitivanju-klasifikaciji-otpada.html> (pristupljeno u julu 2022.)

Kratka biografija:

Jelena Mališević rođena je u Sremskoj Mitrovici 1998. godine. Master rad na Fakultetu tehničkih nauka iz oblasti Grafičkog inženjerstva i dizajna odbranila je 2022. godine.

kontakt: ahaloading@gmail.com

Savka Adamović rođena je u Novom Sadu 1976. godine. Doktorirala je na Fakultetu tehničkih nauka 2016. godine, a od 2022. godine je u zvanju vanredni profesor.

kontakt: adamovicsavka@uns.ac.rs