

Факултет инжењерских наука Универзитета у Крагујевцу



Назив студијског програма: Инжењерство заштите животне средине

Ниво студија: Мастер академске студије

Модул: Општи смер

Предмет: Напредне технике управљања чврстим и опасним отпадом

Број индекса: 335/2018

Ангелина М. Павловић
„Анализа токова пластичног
амбалажног отпада од хране и пића у
Републици Србији“
мастер рад

Комисија за преглед и одбрану:

1. др Горан Бошковић, доцент - ментор
2. др Небојша Јовичић, редовни професор
3. др Саша Јовановић, доцент

Датум одбране: _____

Оцена: _____

У оквиру овог мастер рада студент треба да прикаже основне принципе управљања отпадом са посебним нагласком на хијерархију управљања отпадом. Након тога, фокус рада ће бити на анализи токова материјала. Студент има задатак да истражи токове пластичног амбалажног отпада од хране и пића у Републици Србији и да коришћењем доступних софтверских алата изврши њихову анализу. Након тога ће дати препоруке за унапређење тренутног система за праћење амбалажног отпада на нивоу државе.

Напомене:

Ментор се обавезује да студенту обезбеди:

- ❖ одговарајућу литературу,
- ❖ три термина недељно за консултације,
- ❖ логистичку подршку кроз свакодневно ангажовање предметног асистента,
- ❖ публикавање резултата рада у домаћем или страном часопису.

Студент је у обавези да:

- ❖ у оквиру израде дипломског рада, током летњег семестра, на факултету проведи најмање 2 сата радним даном, у просторији која за то буде одређена,
- ❖ свакодневно извештава предметног асистента о напредовању у изради рада,
- ❖ три пута недељно извештава ментора о резултатима рада.

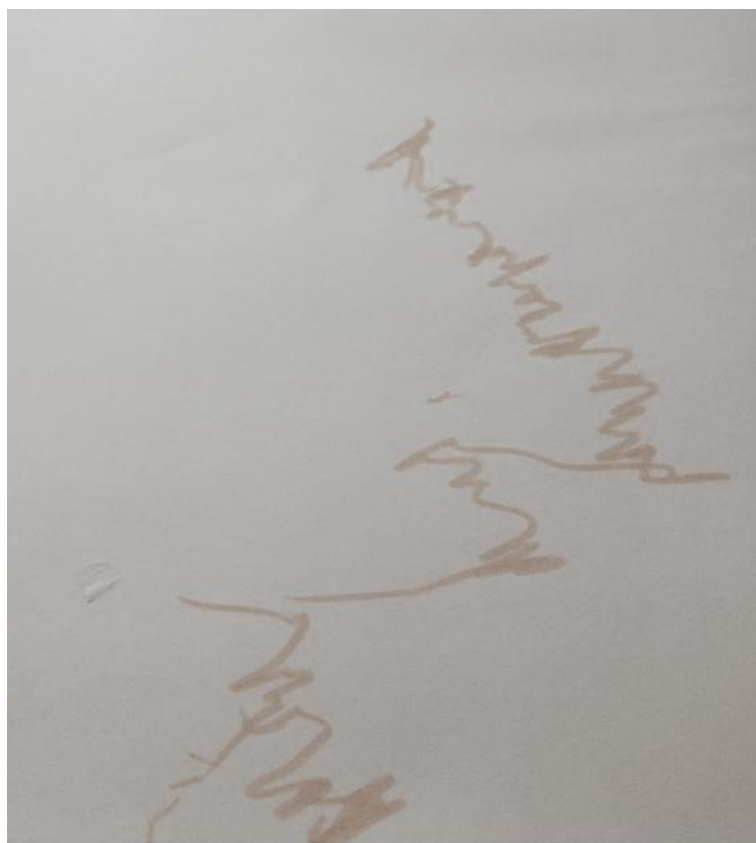
Препоручена литература:

- [1] Brunner, P. H., and Rechberger, H. (2017). *Practical Handbook of Material Flow Analysis For Environmental, Resource and Waste Engineers*. 2nd Edition. Taylor & Francis Group/CRC Press. Boca Raton, Florida.
- [2] Van Eygen, E. (2018). *Management of plastic wastes in Austria: analysis of the status quo and environmental improvement potentials*. Vienna University of Technology, Faculty of Civil Engineering, Vienna, Austria.
- [3] Ценчић, О. (2017). *STAN Software for substance flow analysis: Version 2.6 – User manual*. Приступљено: <http://www.stan2web.net>.

У Крагујевцу, мај 2019. године.

Ментор:
доцент др Горан Бошковић

*“Ваше дете ће постати онакво какви сте Ви сами,
зато будите онакви какви желите да Ваша деца буду.”*



*Хвала Вам, мама и тата!
Ви сте ме створили... M^2*

**Теби...
Око твоје!**

Опште је познато да су основни захтеви интегралног управљања комуналним отпадом како очување здравља људи и животне средине, тако и очување природних ресурса. Комунални чврсти отпад, као један од тренутно највећих еколошких проблема, потражује посебна решења у оквиру савремених токова управљања отпадом.

Пластика чини чак 10% укупно генерисаног комуналног отпада на светском нивоу, али уједно представља и један од кључних материјала за друштво и националне економије. Обзиром да се очекује да ће се потрошња и загађење пластиком значајно повећати, неопходно је дефинисати мере помоћу којих ће се пластика третирати на повољнији начин по животну средину. Данас се пластични отпад, нарочито пластични амбалажни отпад класификује као глобални проблем, али и могућност за имплементацију одређених принципа циркуларне економије. Из тог разлога, пластика добија све већи значај у систему управљања отпадом, те се чак покрећу и политичке иницијативе за побољшање циркуларности ових материјала у економији, а у сврху повећања ефикасности ресурса.

Да би се идентификовале фазе животног циклуса пластичне амбалаже, које је могуће унапредити, неопходно је извршити анализу токова материјала исте. MFA омогућава евалуацију количине и састава отпада, билансирањем процеса настајања отпада или процеса прераде, односно третмана отпада.

Стога, циљ овог рада је да се квантитативно и квалитативно истражи систем управљања пластичним амбалажним отпадом у Републици Србији, користећи анализу токова материјала и приказујући резултате кроз Sankey дијаграме. Такође, приликом спровођења анализе узете су у обзир и различите врсте полимера (PET, HDPE, PVC, LDPE, PP, PS, EPS и остали полимерни материјали).

Сprovedена анализа токова пластичног амбалажног отпада у Србији има за циљ да прикаже токове пластичне амбалаже кроз производњу, потрошњу, одлагање и третман отпада.

Након израде MFA модела, закључено је да је основни проблем у Републици Србији недостатак података о токовима материјала, као и нерационална потрошња једнократне пластичне амбалаже.

Кључне речи: Пластика, пластична амбалажа, анализа токова материјала (MFA), управљање отпадом, Република Србија

Abstract

It is widely known that the main requests of integrated management of municipal waste are the preservation of the environment and human health, as well as protection of natural resources. Solid municipal waste as one of the biggest ecological problem, demands special solutions within modern flows of waste management.

Plastics make more than 10% of the total generated municipal waste worldwide, but also it represents one of the key fabricants for society and the national economy. Considering the expectation that usage of plastics and its pollution will increase drastically, it is necessary to define precaution by which the plastics will be used and approached in a more eco-friendly way. Nowadays plastic waste, especially packaging is classified as a global problem, but also a possibility for the implementation of certain principals of the circular economy.

For that reason, plastic is gaining importance in the system of waste management and political initiatives for improvement of circularity of these materials are being launched for the purpose of resource efficiency increasement.

In order to identify the life cycle phases of plastic packaging, which can be improved, it is obligatory to conduct material flow analysis. MFA allows evaluation of the amount of waste and its composition, by balancing the waste generation process, ie waste treatment.

The aim of this paper is to quantitatively, and thoroughly investigate the management system of plastic packaging waste in the Republic of Serbia, using material flow analysis with its results displayed in the form of Sankey diagrams. While conducting the analysis, all types of polymers will be taken into consideration (PET, HDPE, PVC, LDPE, PP, PS, EPS, as well as other polymeric materials).

The purpose of conducted analysis is to show the flow of plastic packaging throughout the phases of its life cycle, such as manufacturing, consumption, disposal and waste management. After the MFA model is formed, it is concluded that the main problems in the Republic of Serbia are a lack of data regarding material flow, as well as the irrational usage of disposable plastic packaging.

Key words: plastic, plastic packaging, material flow analysis (MFA), waste management, Republic of Serbia.

САДРЖАЈ

СПИСАК СЛИКА	I
СПИСАК ТАБЕЛА	III
ПРЕГЛЕД КОРИШЋЕНИХ ОЗНАКА.....	IV
ПРЕГЛЕД КОРИШЋЕНИХ СКРАЋЕНИЦА.....	V
1. УВОД	1
2. ОСНОВИ УПРАВЉАЊА ЧВРСТИМ КОМУНАЛНИМ ОТПАДОМ	3
2.1. Тренутно стање у области управљања комуналним чврстим отпадом.....	6
2.1.1. Количина генерисаног комуналног чврстог отпада	6
2.1.2. Морфолошки састав генерисаног комуналног отпада	8
2.1.3. Просечни обухват прикупљања чврстог комуналног отпада	10
2.1.4. Третман и оглагање комуналног отпада.....	10
3. ПЛАСТИКА И ПЛАСТИЧНА АМБАЛАЖА КАО ЗАГАЂИВАЧИ ЖИВОТНЕ СРЕДИНЕ	13
3.1. Амбалажа и подела амбалаже	15
3.1.1. Полимерна (пластична) амбалажа	16
3.2. Примери загађења животне средине пластичним отпадом	19
4. АНАЛИЗА ТОКОВА МАТЕРИЈАЛА	22
4.1. Методологија MFA	23
4.1.1. Основна терминологија MFA.....	24
4.2. Симулациони софтвери	27
4.2.1. Софтвер STAN.....	27
4.2.2. Софтвер SankeyFlowShow.....	28
5. ПРИМЕНА АНАЛИЗЕ ТОКОВА МАТЕРИЈАЛА НА ПЛАСТИЧНИ ОТПАД ОД ХРАНЕ И ПИЋА У	29
РЕПУБЛИЦИ СРБИЈЕ	29
5.1. Дефинисање проблема	29
5.2. Дефинисање система	33
5.2.1. Дефинисање границе система	33
5.2.2. Дефинисање токова и процеса	33
5.2.3. Дефинисање супстанци	35
5.3. Одређивање токова и залиха материјала	35
5.4. Шематски приказ и интерпретација резултата	39
5.4.1. MFA резултати (F&B пластични амбалажни отпад)	39
5.4.2. MFA резултати (PET)	43
5.4.3. MFA резултати (HDPE).....	46
5.4.4. MFA резултати (PVC).....	49
5.4.5. MFA резултати (LDPE)	52

5.4.6.	<i>MFA резултати (PP)</i>	55
5.4.7.	<i>MFA резултати (PS)</i>	58
5.4.8.	<i>MFA резултати (EPS)</i>	61
5.4.9.	<i>MFA резултати (Остали полимерни материјали)</i>	64
6.	ПРЕПОРУКЕ ЗА УНАПРЕЂЕЊЕ СИСТЕМА ПРАЋЕЊА ТОКОВА ПЛАСТИЧНОГ ОТПАДА У РС	67
7.	ЗАКЉУЧАК	70
	ЛИТЕРАТУРА	73

СПИСАК СЛИКА

Слика 2.1	Илустративни приказ линеарног економског модела
Слика 2.2	Хијерархија управљања отпадом
Слика 2.3	Удео генерисаног комуналног отпада по регионима света
Слика 2.4	Количина генерисаног отпада по глави становника у државама Европе
Слика 2.5	Морфолошки састав комуналног отпада на глобалном нивоу
Слика 2.6	Морфолошки састав комуналног отпада у ЕУ
Слика 2.7	Методe третмана комуналног отпада у ЕУ током 2017. године, kg/становнику
Слика 3.1	Производња пластике на глобалном нивоу за период од 1950. до 2015. године
Слика 3.2	Систем управљања пластичном амбалажом и амбалажним отпадом у Републици Србији
Слика 3.3	Приказ Great Pacific Garbage Patch-a
Слика 3.4	Приказ загађене плаже у Народној Републици Кини
Слика 3.5	Пластични отпад пронађен у природи
Слика 3.6	Одложен пластични отпад покрај реке Саве
Слика 4.1	Процедура израде MFA студије
Слика 4.2	Основни симболи који се користе при изради MFA модела
Слика 4.3	Радно окружење софтвера STAN са симулацијом у току
Слика 4.4	Радно окружење софтвера SankeyFlowShow са симулацијом у току
Слика 5.1	Илустративна шема тока пластике у Републици Србији
Слика 5.2	Илустративна шема тока отпада F&B пластичне амбалаже у Републици Србији
Слика 5.3	Шема тока отпада F&B пластичне амбалаже у Републици Србије (софтвер STAN)
Слика 5.4	Шема тока отпада F&B пластичне амбалаже у Републици Србије ((софтвер SankeyFlowShow)
Слика 5.5	Шема тока отпада PET пластичне амбалаже из F&B сектора у Републици Србији (софтвер STAN)
Слика 5.6	Шема тока отпада PET пластичне амбалаже из F&B сектора у Републици Србији (софтвер SankeyFlowShow)
Слика 5.7	Шема тока отпада HDPE пластичне амбалаже из F&B сектора у Републици Србији (софтвер STAN)
Слика 5.8	Шема тока отпада HDPE пластичне амбалаже из F&B сектора у Републици Србији (софтвер SankeyFlowShow)
Слика 5.9	Шема тока отпада PVC пластичне амбалаже из F&B сектора у Републици Србији (софтвер STAN)
Слика 5.10	Шема тока отпада PVC пластичне амбалаже из F&B сектора у Републици Србији (софтвер SankeyFlowShow)
Слика 5.11	Шема тока отпада LDPE пластичне амбалаже из F&B сектора у Републици Србији (софтвер STAN)
Слика 5.12	Шема тока отпада LDPE пластичне амбалаже из F&B сектора у Републици Србији (софтвер SankeyFlowShow)
Слика 5.13	Шема тока отпада PP пластичне амбалаже из F&B сектора у Републици Србији (софтвер STAN)
Слика 5.14	Шема тока отпада PP пластичне амбалаже из F&B сектора у Републици Србији (софтвер SankeyFlowShow)
Слика 5.15	Шема тока отпада PS пластичне амбалаже из F&B сектора у Републици Србији (софтвер STAN)

- Слика 5.16** Шема тока отпада PS пластичне амбалаже из F&B сектора у Републици Србији (софтвер SankeyFlowShow)
- Слика 5.17** Шема тока отпада EPS пластичне амбалаже из F&B сектора у Републици Србији (софтвер STAN)
- Слика 5.18** Шема тока отпада EPS пластичне амбалаже из F&B сектора у Републици Србији (софтвер SankeyFlowShow)
- Слика 5.19** Шема тока отпада осталих полимерних материјала из F&B сектора у Републици Србији (софтвер STAN)
- Слика 5.20** Шема тока отпада осталих полимерних материјала из F&B сектора у Републици Србији (софтвер SankeyFlowShow)
- Слика 7.1** Приказ удела појединих врста полимера у укупној количини пластичне амбалаже из F&B сектора

СПИСАК ТАБЕЛА

Табела 2.1	Морфолошки састав комуналног отпада у Републици Србији
Табела 2.2	Третман отпада у Републици Србији
Табела 3.1	Кодови за идентификацију пластичних маса
Табела 5.1	Производња, увоз, извоз и потрошња пластичних маса током 2016. године у РС
Табела 5.2	Генерисани отпад од пластике у различитим секторима
Табела 5.3	Кључни индикатори стања у подсектору – производња пластичне амбалаже
Табела 5.4	Фазе животног циклуса пластичне амбалаже од хране и пића за различите процесе и токове
Табела 5.5	Основни извозни и увозни производи у 2018. години
Табела 5.6	Удео различитих врста полимера у укупној количини отпада
Табела 6.1	Број пријављених постројења која у току делатности генеришу отпад и постројења која учествују у пословима управљања отпадом

ПРЕГЛЕД КОРИШЋЕНИХ ОЗНАКА

C	Угљеник
CO₂	Carbon dioxide (Угљен-диоксид)
Cu	Бакар
FBPPP	Количина F&B производа упакованих у пластичну амбалажу
F&B V_{DIN}	Новчана вредност veleпродаје F&B производа
F&B M_{DIN}	Новчана вредност малопродаје F&B производа
F&B E_{DIN}	Новчана вредност извезених F&B производа
F&B I_{DIN}	Новчана вредност увезених F&B производа
F&B C_{DIN}	Податак о јединичним ценама F&B производа
F&B_{POT}	Просечна потрошња домаћинства на F&B производе
F&B_{PROC}	% месечна потрошња домаћинства на F&B производе
Input_i	Улазни токови материјала
k_o	Број излазних токова материјала
k₁	Број улазних токова материјала
kg	Килограм, јединица за тежину
m	Метар, јединица за дужину
N	Азот
N	Број F&B производа у просечној потрошачкој корпи.
Output_j	Излазни токови материјала
PLATA_{AVE}	Просечна нето плата у Републици Србоко
s	Секунда, јединица за време
TC	Трансфер коефицијент
ΔS	Залиха материјала

ПРЕГЛЕД КОРИШЋЕНИХ СКРАЋЕНИЦА

ANN	Artificial neural network (Вештачка неуронска мрежа)
CE	Circular economy (Циркуларна економија)
CS4EU	Civil Society for European Integration (Удружење за европске интеграције)
EC	European Commission (Европска комисија)
EEA	European Environment Agency (Европска агенција за заштиту животне средине)
EPS	Expanded polystyrene (Експандирани полистирен)
F&B	Food & Beverage (Сектор хране и пића)
FBPP	Food and Beverage Plastic Packaging (Пластична амбалажа од хране и пића)
GPGP	Great Pacific Garbage Patch (Велики пацифички тепих од смећа=плутајуће острво од пластичног отпада)
HDPE	High-density Polyethylene (Полиетилен високе густине)
ISWM	Integrated solid waste management (Интегрисани систем управљања комуналним отпадом)
LDPE	Low-density polyethylene (Полиетилен мале густине)
MFA	Material Flow Analysis (Анализа токова материјала)
PET	Polyethylene terephthalate (Полиетилентерефталат)
PP	Polypropylene (Полипропилен)
PS	Polystyrene (Полистирен)
PVC	Polyvinyl chloride (Поливинил хлорид)
SFA	Substance Flow Analysis (Анализа токова супстанце)
STAN	subSTance flow ANalysis (софтвер STAN)
UN	United Nations (Уједињене нације)
БДП	Бруто домаћи производ
EBITDA	Earnings Before Interest, Taxes, Depreciation and Amortization (Профит пре него што се одузме камата, порез на добит и амортизација)
ЕУ	European Union (Европска унија)
РЗЗС	Републички завод за статистику Србије
РС	Република Србија

1. УВОД

Постоје бројни проблеми који се везују за могућност остваривања одрживог развоја, а самим тим и на угрожавање опстанка човечанства на Земљи. Може се рећи да је Земљу погодила еколошка криза, коју је могуће елиминисати или смањити уз помоћ стратешких планова и програма, који ће бити основа за даљу регулацију и управљање животном средином.

На основу последњег доступног извештаја Уједињених Нација (*United Nations, 2019*), људска популација у 2019. години је достигла цифру већу од 7,7 милијарди што за последицу ствара проблеме и ризике, који су уско повезани са човековом околином. Један од разлога настајања тренутног еколошког стања може се објаснити бројем становника планете Земље.

Поред глобалног загревања, континуираног губитка биодиверзитета, загађења воде, ваздуха и земљишта - отпад представља један од приоритетних проблема у домену заштите животне средине у свету. Отпад настаје као последица људских активности, те се из тог разлога јавља на свим местима где човек живи. Нарочито у урбаним срединама, убрзан и константан раст популације доводи до пораста количина природних ресурса који се користе, као и до повећања продукције чврстог отпада.

Како би се побољшало тренутно стање планете Земље, неопходно је да се управљање отпадом врши на начин којим се обезбеђује најмањи ризик по угрожавање живота и здравља људи и животне средине, а то се може постићи контролом и мерама смањења настајања отпада. Данас се још увек отпад не збрињава према редоследу опција дефинисаним у хијерархији управљања отпадом, што свакодневно утиче на угрожавање остваривања одрживог развоја.

Примарни проблем отпада јесте његово неадекватно одлагање, које има негативне утицаје на животну средину и може да изазове озбиљне последице на будуће генерације. Такође, неадекватно одлагање отпада може проузроковати опасности од експлозија и пожара, чиме се угрожава безбедност човека. Неправилно управљање чврстим отпадом има утицаја на повећану емисију гасова са ефектом стаклене баште, што доприноси климатским променама. Трајним одлагањем отпада се троше ресурси, односно троше сировине и енергија, које је могуће искористити у неком новом производном процесу. У циљу побољшања система управљања отпадом, неопходно је усвојити циркуларни економски модел на глобалном нивоу. Односно, продужавати животни век једног производа кроз његову поправку, преправку и рециклажу. Овакав приступ ће директно утицати на смањење количине генерисаног отпада, што даље утиче на смањење негативног притиска на животну средину, мање искоришћених природних ресурса и енергије, као и на уштеду новца.

Применом анализе токова супстанци (енгл. *Substance Flow Analysis - SFA*) и применом анализе токова материјала (енгл. *Material Flow Analysis - MFA*), могуће је остварити потпуни увид о токовима, трансформацијама и финалним диспозицијама отпада у оквиру система који је дефинисан у простору и времену.

У свету је актуелан проблем пластичног амбалажног отпада од хране и пића (енгл. *Food & Beverage – F&B*), те ће у овом раду бити спроведена детаљна анализа токова истог за територију Републике Србије. Ова врста пластичног отпада је кључна у националном економијама, зато што захтева акције на различитим нивоима и нуди могућности развоја предузетништва. Данас, највећи проценат укупне коришћене пластике се управо

употребљава за производњу једнократне пластичне амбалаже, а у циљу паковања хране и пића за даљу дистрибуцију.

Сматрајући да је ова тема значајна за побољшање квалитета животне средине, како у свету тако и у Републици Србији, циљ овог рада јесте дефинисати мере за унапређење система праћења токова пластичног амбалажног отпада од хране и пића, а на основу спроведене анализе у одговарајућим софтверима.

Дефинисане мере се директно односе на индустрију хране и пића, односно решења за паковање и пословне моделе за решавање и побољшање токова пластичне амбалаже према концепту циркуларне економије, што ће за примарни бенефит имати смањење негативних ефеката одлагања пластичног отпада у околину, а притом ће се пластична амбалажа кретати по тзв. систему затворене петље.

Након уводног, **првог поглавља**, следи **друго поглавље** у коме су детаљно објашњене основи управљања чврстим комуналним отпадом са освртом на тренутно стање комуналног отпада у свету, Европској унији и Републици Србији.

У **трећем поглављу** рада, анализирају се пластика и пластична амбалажа као загађивачи животне средине, односно констатују се врсте амбалаже и идентификује се најнеповољнија врста пластичне амбалаже са аспекта животне средине. Преглед литературе из области анализе токова материјала је приказан у **четвртном поглављу**.

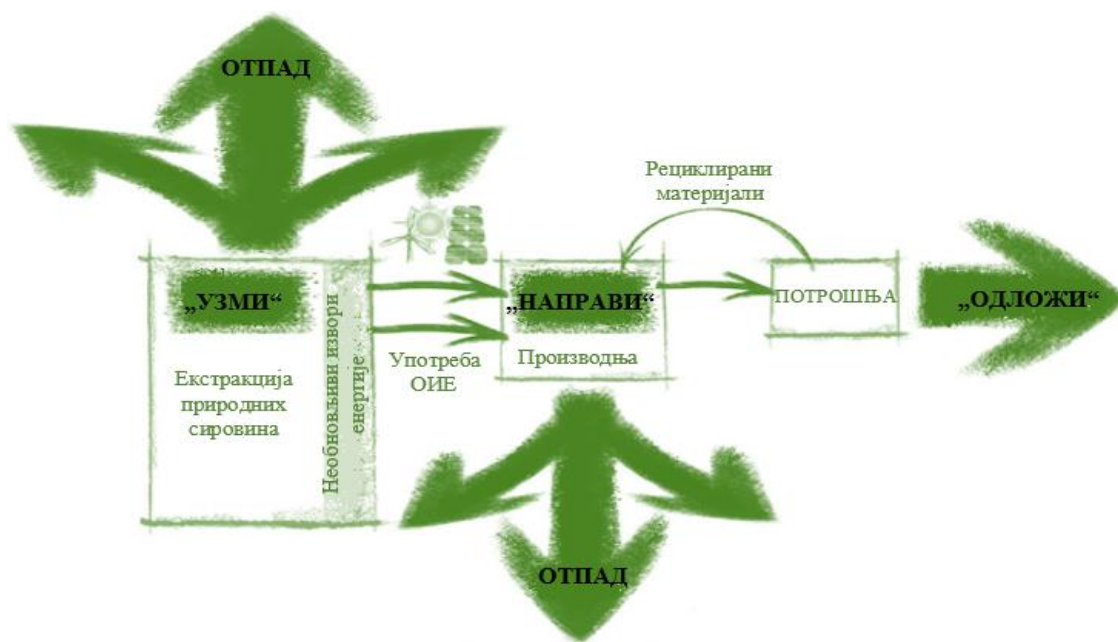
Срж рада јесте **пето поглавље** у коме је спроведена анализа токова пластичног амбалажног отпада од хране и пића на територији Републике Србије, као и анализа токова одређених врста полимера од којих је пластична амбалажа произведена.

У завршном, **шестом поглављу** су анализиране и дефинисане препоруке за унапређење система праћења токова пластичног отпада у Републици Србији, након чега следе **закључна разматрања** везана за целокупну спроведену анализу.

2. ОСНОВИ УПРАВЉАЊА ЧВРСТИМ КОМУНАЛНИМ ОТПАДОМ

Закони, стандарди и теоретичари на различите начине дефинишу појам отпада, али срж свих дефиниција је иста. У најширем смислу, под отпадом се подразумева сваки материјал, односно производ, који његов корисник одбацује као беспотребан.

Логички се може закључити да све што је човек физички створио, ствара или што ће створити представља отпад, односно једнога дана ће постати отпад. У готово свакој фази животног циклуса једног производа, појављује се одређени материјал, који се сматра некорисним и који је неопходно одбацити, што се објашњава кроз непотпуност и несавршеност процеса, које је човек створио. Опште је познато да је актуелни модел производње добара заснован на трансформацији природних ресурса, чији је капацитет ограничен, у готове производе и њихово одлагање. Економски модел на основу ког се врши такав начин производње се дефинише као линеарни економски модел, ког карактерише једносмерни ток енергије и материјала, а функционише по принципу „узми-направи/користи-одложи“ (енгл. take - make/use –dispose), што је и приказано сликом 2.1.



Слика 2.1 Илустративни приказ линеарног економског модела

Пораст светске популације, интензивна екстракција и коришћење природних ресурса, потрошачки оријентисано друштво, као и растућа економија узрокују све веће количине отпада. Проблем отпада се јавља зато што животна средина има лимитиран капацитет елиминисања количина генерисаног отпада. Повећање количине отпада изван капацитета животне средине довело је до загађења животне средине и уништења природних ресурса (Михајловић, 2015).

У циљу смањења негативног отиска, који отпад оставља на човекову околину, неопходно је да се будући производи дизајнирају и развијају на начин да опонашају природу, зато што у природним, биолошким циклусима – отпад не постоји. Управо тај природни ток материјала је послужио као идеја за развој циркуларне економије (енгл. Circular Economy - CE). По циркуларној економији, производе током животног циклуса је потребно

поправљати, поново искоришћавати, унапређивати, али не и трајно одлагати, зато што би се на тај начин изгубио потенцијални ресурс, тј. секундарна сировина.

У готово свим урбаним, али сада већ и у руралним срединама, управљање отпадом се дефинише као један од есенцијалних проблема заједнице. Комунални чврсти отпад по дефиницији укључује отпад из домаћинстава, као и други отпад који је због своје природе и састава сличан отпаду из домаћинстава (*Службени Гласник Републике Србије*, 36/2009).

Основни циљеви управљања отпадом су очување животне средине, природних ресурса, као и очување здравља човека. Управљање комуналним отпадом се дефинише као један комплексан процес, који је неопходно усагласити са одговарајућим принципима економије, екологије, социологије, инжењерства, итд. Стога, управљање отпадом представља једну мултидисциплинарну област. Иако се сматра да је систем управљања комуналним отпадом првенствено технички проблем, он у значајној мери зависи и од политичког, законског, социјалног, културног и економског утицаја. Према томе, апсолутно сви процеси унутар система управљања чврстим комуналним отпадом, морају се спроводити у складу са важећим законским и друштвеним правилима, али и правилима која се односе на животну средину.

Активности које су везане за управљање чврстим отпадом, од тачке настајања до крајњег одлагања отпада, могу се груписати у неколико појединачних елемената:

- ❖ настајање отпада,
- ❖ руковање отпадом на извору,
- ❖ сакупљање и транспорт отпада,
- ❖ трансфер отпада,
- ❖ третман (процесирање и трансформација) отпада, и
- ❖ депоновање (трајно одлагање) отпада.

Адекватно управљање комуналним отпадом подразумева проналажење најбољег могућег решења за сваки претходно наведену активност система управљања отпадом.

Средином прошлог века, у индустријски развијеним земљама формирала се јасна потреба за системским управљањем отпадом. То је довело до тога да се у циљу унапређења система управљања комуналним чврстим отпадом, у развијеним државама, све чешће усваја принцип интегрисаног управљања отпадом (енгл. Integrated Solid Waste Management - ISWM).

Интегрисани систем управљања отпадом се дефинише као систем који комбинује токове отпада, различите методе сакупљања, транспорта и депоновања свих фракција отпада са циљем да се заштити животна средина на економски одржив и друштвено прихватљив начин (*McDougall et. al, 2001*). Интегрисани систем управљања отпадом је практичан зато што се може усвојити као приступ управљања који је могуће имплементирати на различите урбане средине. Мана интегрисаног система управљања отпадом јесте што је то веома скуп процес, премда потребно је знати да неефикасни системи управљања отпадом имају много веће трошкове од интегрисаног система управљања отпадом.

Досадашње праксе интегрисаног управљања отпадом ослањају се на хијерархију управљања отпадом, а готово у свим државама управљање комуналним отпадом је у надлежности локалних самоуправа.

Хијерархија управљања отпадом представља редослед приоритета у пракси управљања отпадом. Тај редослед омогућава да се отпадом управља на начин којим се постиже најбољи ефекат по заштиту животне средине. Приликом примене хијерархије управљања

отпадом узимају се у обзир принципи заштите животне средине, предострожности и одрживости, техничке изводљивости и економске вредности, заштите ресурса, као и укупан утицај на животну средину, здравље људи, затим економски и социјални утицаји (*Службени гласник Републике Србије, број 36/2009*).

Приоритетни редослед опција управљања отпадом приказан је на слици 2.2.



Слика 2.2 Хијерархија управљања отпадом

Приказана хијерархија управљања отпадом је у складу са Директивом Европске Уније о отпаду из 2008. године, а у Републици Србији је прихваћена објављивањем измена Закона о управљању отпадом 2016. године (*Јовичић, 2017*).

Хијерархија управљања отпада се дели на два кључна елемента. Први елемент хијерахије чини превенција стварања отпада, односно то су све активности које се спроводе пре него што један производ стекне статус отпада. Други елемент хијерахије подразумева третман отпада, који се базира на чињеници да је отпад већ настао.

Примарна замисао хијерархије управљања отпадом указује на чињеницу да превенција настајања отпада представља најефикасније решење система управљања отпадом са аспекта очувања животне средине. Из тог разлога се превенција настајања отпада налази на врху хијерархије као најбоља могућа опција управљања отпадом. У ситуацијама када смањење настајања отпада није могуће, односно практично изводљиво, прихватљива опција управљања отпадом јесте поновно коришћење производа и/или материјала, било за исту или неку другу намену. Понекада се дешава да поновна употреба није могућа, па се предност пружа рециклажи, односно техници под којом се подразумева издвајање материјала и супстанци из отпада, у циљу поновног коришћења таквих материјала у процесима производње. Уколико ни та могућност не постоји, приступа се искоришћењу чврстог комуналног отпада, а у циљу издвајања енергије (топлотне или електричне). Уколико ниједна од претходно наведених опција не даје одговарајуће прихватљиво решење, отпад, у складу са максималним еколошким стандардима, треба одложити на санитарну депонију.

Како је већ речено, данас се још увек отпад не збрињава према процесима дефинисаним у хијерархији управљања отпадом. Наиме, мере превенције настајања отпада још увек се не имплементирају на задовољавајућем нивоу што свакодневно утиче на пораст укупне продукције отпада.

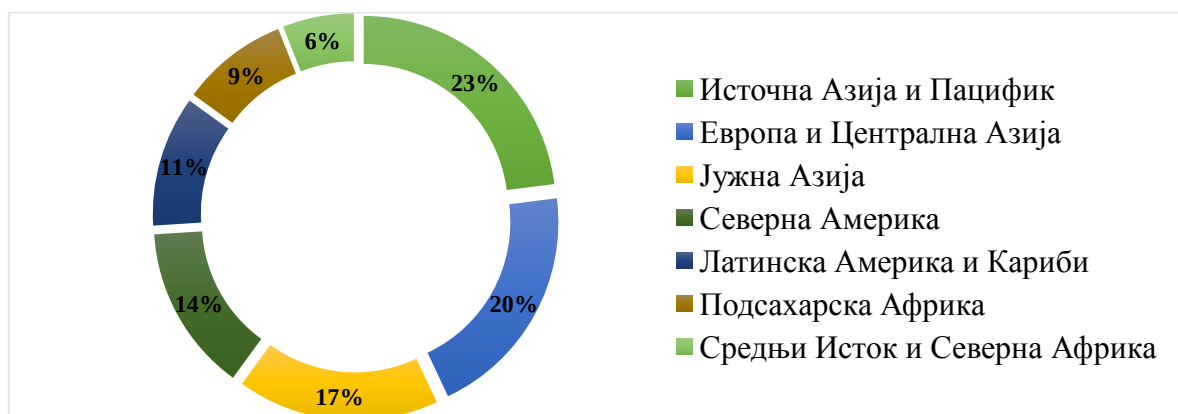
2.1. Тренутно стање у области управљања комуналним чврстим отпадом

Стопа производње отпада је у константном порасту, чак и брже од стопе урбанизације. Такође, она је у директној корелацији са економским развојем једне државе, односно са бруто домаћим производом (БДП).

2.1.1. Количина генерисаног комуналног чврстог отпада

У свету се генерише око 17 милијарди тона чврстог отпада на годишњем нивоу, али треба узети у обзир да више од 70% укупног отпада произведеног чини минерални отпад, односно отпад из каменолома, рудника као и из процеса изградње и рушења, чије је количине веома тешко проценити. Највише статистичких података о продукцији отпада доступно је за комунални отпад. Према последњим доступним подацима Светске Банке (*Kaza et. al, 2018*), у свету сваки становник генерише 0,74 kg отпада на дневном нивоу. Стопе продукције отпада по глави становника на дневном нивоу варирају од 0,11 kg до 4,54 kg у зависности од економског развоја државе. Укупна количина чврстог комуналног отпада који се генерисала у свету 2016. године процењена је на 2,01 милијарди тона комуналног отпада. нивоу. Ова количина отпада има тенденцију раста тако да ће, према проценама Светске банке, 2050. године достићи ниво од 3,40 милијарде тона, уколико се актуелни систем управљања отпадом не промени (*Kaza et. al, 2018*).

Разлике у генерисаној количини комуналног отпада могу бити веома велике између различитих делова света. Светска Банка цео свет дели на седам основних региона: Источна Азија и Пацифик, Европа и Централна Азија, Јужна Азија, Северна Америка, Латинска Америка и Кариби, Подсахарска Африка, Средњи Исток и Северна Африка. По регионима света, најмања количина комуналног отпада генерише се у регионима Средњег Истока и Северне Африке и Субсахарске Африке. Са друге стране, развијене земље, као што су државе које припадају регионима Источне Азије и Тихог океана, односно Европе и Централне Азије генеришу чак 43% светског отпада. На слици 2.3 дат је графички приказ процентуалних удела у глобалној продукцији отпада по претходно наведеним регионима.



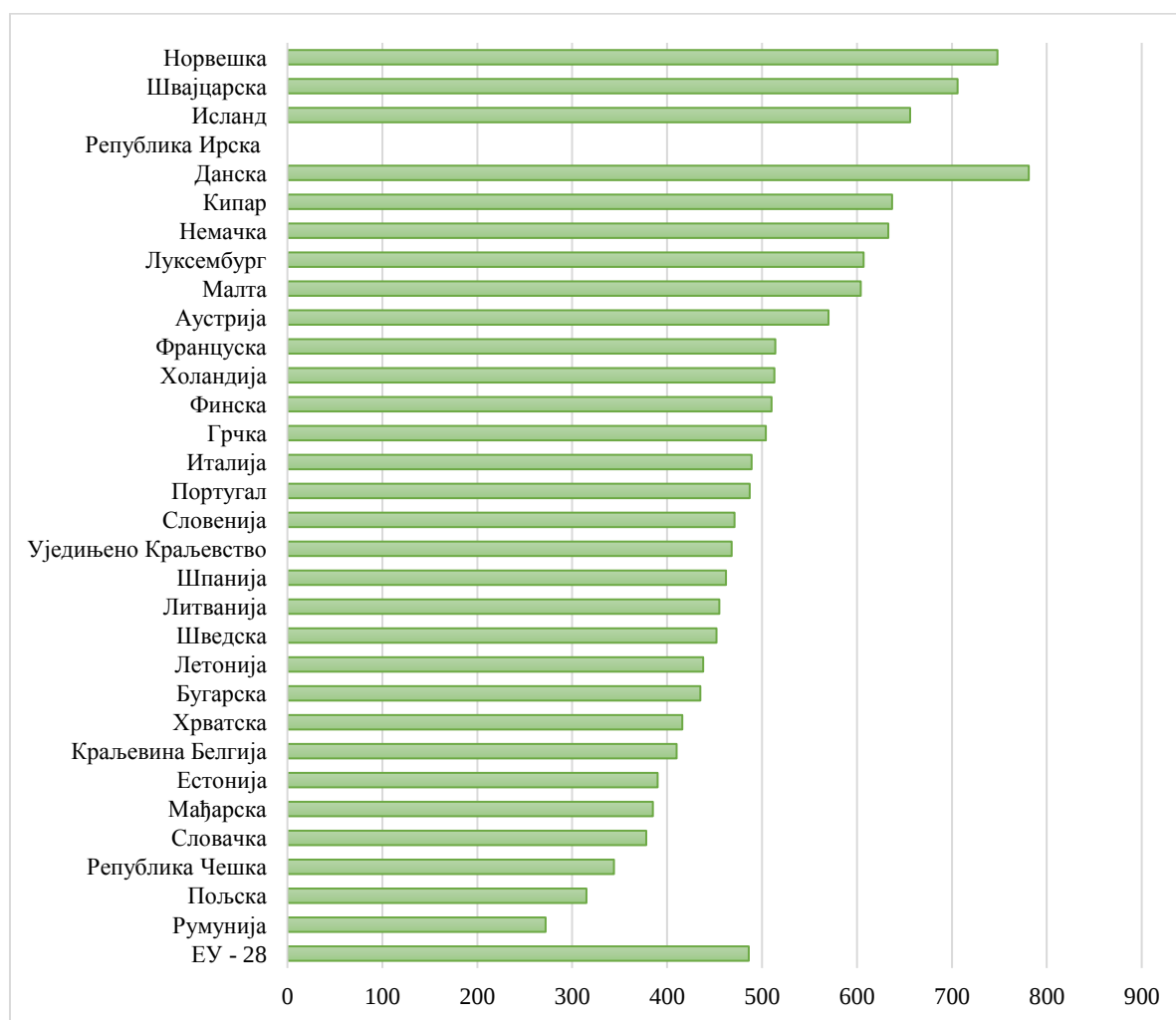
Слика 2.3 Удео генерисаног комуналног отпада по регионима света (*Keza et al, 2018*)

Анализом стања система управљања отпадом у Европској унији (енгл. European Union - EU), може се закључити да се све активности које се односе на сектор управљања отпадом спроводе у складу са важећом законском регулативом. У циљу испуњавања захтева за чланство у ЕУ, државе кандидати су усресређене на повећање стопе

преусмеравања отпада са депонија и предузимање мере за достизање одређених стопа санитарног одлагања отпада, док државе чланице ЕУ активности у области управљања отпадом врше конгруентно са ауторизованом законском регулативом. Европска унија, као међувладина и наднационална унија, може да у значајној мери утиче на смањење продукције отпада, чиме би цео европски континент остварио бројне друштвене, али и економске користи.

На основу последњих истраживања Европске Комисије (енгл. European Commission - ЕС), може се закључити да је укупна количина генерисаног отпада у ЕУ од стране свих економских сектора и домаћинстава у 2016. години, била око 2,5 милијарди тона. Више од 2/3 укупног отпада који је произведен у ЕУ у 2016. години био је минерални отпад (ЕС, 2019).

Подаци о количини генерисаног отпада изражавају се у килограмима по глави становника једне државе и они се дефинишу као годишњи показатељи приликом праћења токова отпада у ЕУ. Према подацима Европске агенције за заштиту животне средине (енгл. European Environment Agency – ЕЕА), процењено је да је сваки становник ЕУ, у просеку, генерисао 486 kg комуналног отпада током 2017. године (ЕЕА, 2019). Количина генерисаног отпада по глави становника у државама Европе за 2017. годину приказан је на слици 2.4.



Слика 2.4 Количина генерисаног отпада по глави становника у државама Европе (ЕС, 2019)

Управљање отпадом у Републици Србији је основно питање заштите животне средине и једно је од најзахтевнијих области, у контексту усклађивања са ЕУ регулативом, која се састоји од многобројних правних аката.

Завод за статистику и Агенција за заштиту животне средине Републике Србије прикупљају податке о индустријском, комуналном отпаду и комерцијалном отпаду, али воде и статистичка истраживања о медицинском и фармацеутском отпаду, амбалажи и амбалажном отпаду, као и посебним токовима отпада у које спадају електрични и електронски отпад, отпад који садржи азбест, отпадна уља и гуме, отпадне батерије и акумулатори (Бошковић, 2014). Битно је напоменути да подаци о комуналном чврстом отпаду у Србији нису потпуни. Наиме, у Републици Србији у 2018. години, укупна количина отпада генерисаног отпада износила је 49.214.766 тона. Од укупне количине отпада у Србији, 68,8% чини неопасни, а 31,2% опасни отпад. Битно је напоменути да готово 80% створеног отпада јесте минерални отпад (P33C, 2019). На основу извештаја Агенције за заштиту животне средине, закључује се да количина генерисаног комуналног чврстог отпада на годишњем нивоу износи од 2,23 милиона тона. У просеку, становник Републике Србије генерише 0,85 kg комуналног отпада дневно (Ђорђевић et. al, 2019).

2.1.2. Морфолошки састав генерисаног комуналног отпада

Морфолошки састав комуналног чврстог отпада представља садржај појединих врста отпадака у односу на укупну масу отпада.

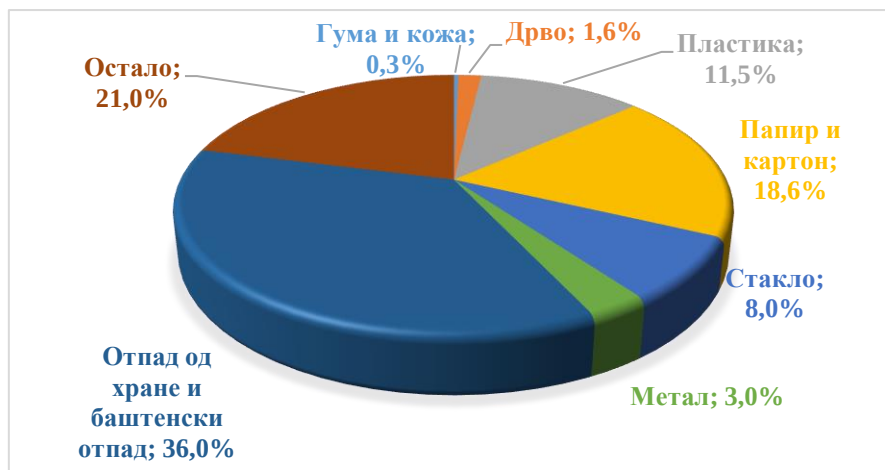
Ефикасно управљање комуналним отпадом подразумева и познавање састава отпада, а ради његовог лакшег третирања. Како би се одредио морфолошки састав отпада потребно је приступити дугорочним методологијама праћења и анализирања отпада. На састав отпада утиче велики број фактора, као што су привредни развој, култура, географска локација, природни ресурси и клима.

Светска банка састав комуналног отпада класификује у седам основних категорија, чији је процентуални удео у укупној маси отпада приказан на слици 2.5. На глобалном нивоу, процентуално је највише отпада од хране, као и баштенског отпада.



Слика 2.5 Морфолошки састав комуналног отпада на глобалном нивоу (Kaza et. al, 2018)

Уколико се говори о морфолошком саставу комуналног отпада на територији ЕУ, може се закључити да, такође, највећи удео отпад у укупној количини генерисаног отпада представља органски отпад (отпад од хране, баштенски отпад и дрво), док суве рециклабилне материје (метал, стакло и пластика) чине 1/3 генерисаног отпада, што се може и уочити на слици 2.6.



Слика 2.6 Морфолошки састав комуналног отпада у ЕУ (Kaza et. al, 2018)

Када је реч о Републици Србији, морфолошки састав комуналног отпада је одређен помоћу методологије, која представља резултат анализа искустава земаља чланица ЕУ и предложена је као званична метода под називом „Утврђивање састава отпада и процене количине у циљу дефинисања стратегије управљања секундарним сировинама у склопу одрживог развоја Републике Србије“. Циљ развоја методологије 2009. године био је повећање прецизности и упоредивости података о комуналном отпаду на нивоу Европе (Бујић et. al, 2009). Методологијом је укупна количина комуналног отпада подељена на шеснаест фракција, што је и приказано табелом 2.1.

Табела 2.1 Морфолошки састав комуналног отпада у Републици Србији (Бујић et. al, 2008)

Категорија отпада	Морфолошки састав [%]
Баштенски отпад	11,88
Остали биоразградиви отпад	30,96
Папир	7,33
Стакло	5,26
Картон	7,52
Картон - восак	0,98
Картон - Al	0,90
Метал - амбалажни и остали	1,45
Метал - Al конзерве	0,36
Пластични амбалажни отпад	3,99
Пластичне кесе	6,65
Тврда пластика	4,37
Текстил	5,04
Кожа	0,60
Пелене	4,00
Фини елементи	8,70

2.1.3. Просечни обухват прикупљања чврстог комуналног отпада

Процес сакупљања комуналног отпада започиње када грађани одложе свој отпад у специјалне посуде за сакупљање отпада (контејнере или канте), а завршава се пражњењем комуналних возила која се користе за сакупљање отпада. Систем за сакупљање отпада може бити ефикасан једино ако се на исправан начин регулишу, али и оптимизују модалитети процеса сакупљања отпада, опрема за сакупљање отпада, као и возила за сакупљање отпада.

Сакупљање и разврставање отпада је еколошко али и економско питање у којем лежи велики потенцијал. Из тог разлога, све већи број држава предузима активности које се односе на сакупљање и сепарацију отпада. Државе развијају стратегије и активности „зелене економије“, како би се подстакнуо већи економски раст и стварање радних места, заштита животне средине и једнакост.

Просечни обухват прикупљања чврстог комуналног отпада варира на глобалном нивоу. Разлози за то су економски развој држава, као и тип средине (урбана или рурална средина). На пример, у више-средње развијеним државама просечни обухват прикупљања отпада у урбаним срединама је 85%, док у руралним срединама износи 45%, док у неразвијеним државама просечни обухват износи 48% и 26%, респективно („*World Bank*“, 2018). Просечни обухват прикупљања отпада у ЕУ је релативно висока, чак око 90%. Просечни обухват прикупљања у градским насељима износи 96%, док је изван градских насеља тај степен значајно нижи – 55%.

На основу извештаја Агенције за заштиту животне средине, закључује се да је просечни обухват прикупљања отпада 87,2% (*Ђорђевић et. al*, 2019). Сакупљање је организовано претежно у урбаним областима, док руралне области су знатно слабије покривене (*CS4EU*, 2017).

2.1.4. Третман и оглавање комуналног отпада

Третман отпада обухвата операције поновног искоришћења отпада, укључујући претходну припрему за поновно искоришћење или одлагање. Комунални отпад се најчешће одлаже испод или на површини земље, односно на депоније, које у много случајева чак немају статус санитарних депонија, односно не поседују системе за сакупљање депонијског гаса и пречишћавање процедних вода.

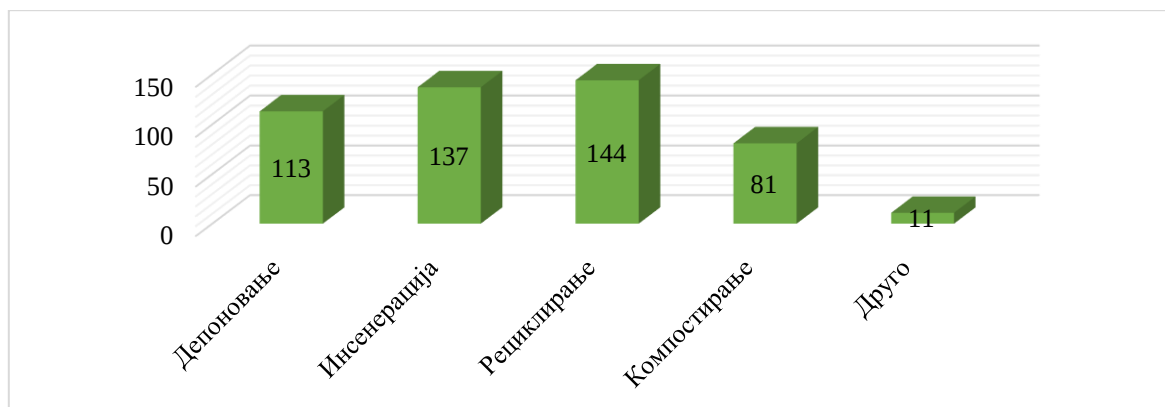
Осим тога, остале методе третирања отпада су:

- ❖ рециклирање - свака операција поновног искоришћења којом се отпад прерађује у производ, материјале или супстанце без обзира да ли се користе за првобитну или другу намену, укључујући поновну производњу органских материјала, осим поновног искоришћења у енергетске сврхе и поновне прераде у материјале који су намењени за коришћење као гориво или за прекривање депонија,
- ❖ компостирање - третман биоразградивог отпада под дејством микроорганизама, у циљу стварања компоста, у присуству кисеоника и под контролисаним условима, и
- ❖ инсинерација - спаљивање односно термички третман отпада у стационарном или мобилном постројењу са или без искоришћења енергије произведене сагоревањем чија је примарна улога термички третман отпада, а који обухвата и пиролизу, гасификацију и сагоревање у плазми (*Службени Гласник Републике Србије*, 36/2009).

Према подацима Светске банке, на глобалном нивоу се више од 40% отпада одлаже на депоније, око 19% се подвргава обнављању материјала рециклирањем или пак компостирањем, док се 11% генерисаног отпада третира процесом инсинерације. Иако је најзаступљенији метод одлагања отпада, широм света се препознају ризици, које са собом носи депоновање.

Иако се у ЕУ ствара више отпада него раније, због поштравања законске регулативе на територији ЕУ, односно због имплементације Директиве о депонијама, Директиве о амбалажи и амбалажном отпадом, као и Пакета акција циркуларне економије, укупна количина одложеног комуналног отпада на депонијама је значајно смањена. Наиме, у 2017. години свега 23% укупно третираног отпада у ЕУ је трајно одложено на депоније. Исте године, 46,3% отпада је рециклирано и компостирано, 28,19% је третирано помоћу процеса спаљивања (инсинерације), са или без употребе тако добијене енергије, док је 2,26% третирано на неки други начин (ЕС, 2019).

На слици 2.7 приказани су методе третмана комуналног отпада у ЕУ током 2017. године. Количина третираног отпада је изражена у kg по становнику.



Слика 2.7 Методе третмана комуналног отпада у ЕУ током 2017.године, kg/становнику

У 2018. години, у Републици Србији, укупно је третирано 48,9 милиона тона отпада који је генерисан од стране следећих сектора: пољопривреда, шумарство и рибарство, рударство, прерађивачка индустрија, снабдевање електричном енергијом, гасом и паром, снабдевање водом и управљање отпадним водама, грађевинарство и сектори услужних делатности. Од укупно третиране количине отпада одложено је 46,8 милиона тона (95,7%) , што је и приказано табелом 2.2.

Табела 2.2 Третман укупно генерисаног отпада у Републици Србији (РЗЗС, 2019)

Укупно [t]	48.873.746,00
Коришћење отпада као горива за производњу енергије [t]	135.328,00
Рециклирано [t]	1.507.740,00
Отпад за затрпавање/насипање [t]	437.897,00
Одложено на тло [t]	46.662.638,00
Остали начини одлагања [t]	130.142,00

Уколико се анализира комунални отпад, у току 2018. године је подвргнуто третману 2,03 милиона t отпада. Од укупне количине прерађеног отпада највише су заступљени отпадни метали па отпади из термичких процеса, односно отпад од прерађене и непрерађене шљаке из индустрије гвожђа и челика, а затим следи папирна и картонска амбалажа (Ђорђевић et. al).

Управљање отпадом у Републици Србији је засновано на депоновању отпада, а већ је речено да је то најнепожељнији вид третмана отпада. Међутим, још већу потенцијалну

опасност по животну средину представа огроман број дивљих депонија које су настале као последица несавесног поступања дела становништва, чија домаћинства нису покривена организованим сакупљањем комуналног отпада.

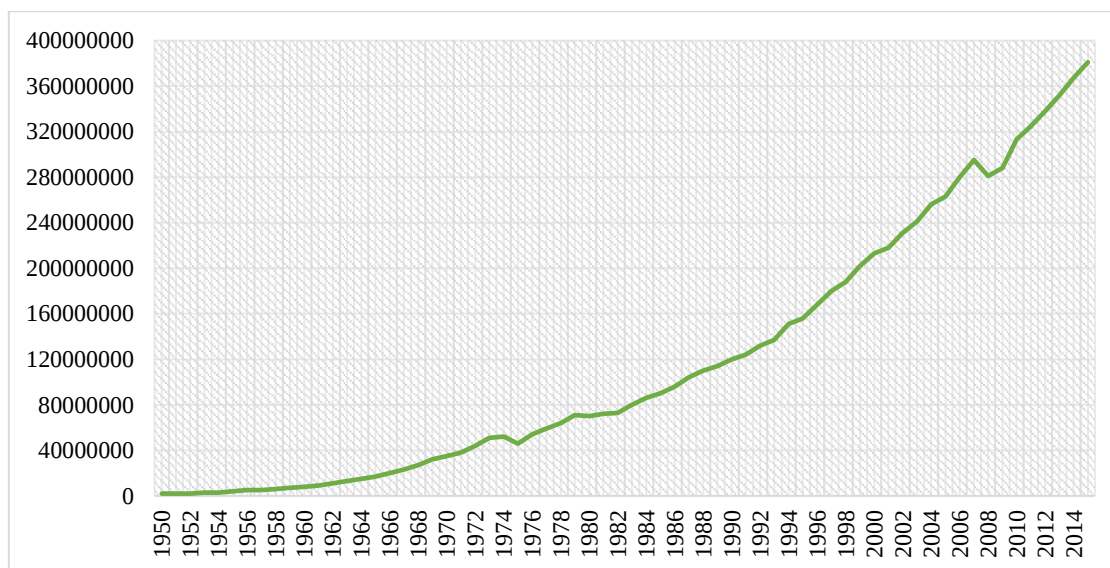
На основу пређашњих података, могуће је закључити да је пораст генерисања отпада у свим деловима света присутан, а да је удео пластичног отпада у укупној количини значајан. Из тог разлога ће се у наредном поглављу извршити кратка анализа тренутног стања пластичног отпада како у свету, тако и у Републици Србији, а у циљу даљег истраживања токова материјала истог.

3. ПЛАСТИКА И ПЛАСТИЧНА АМБАЛАЖА КАО ЗАГАЂИВАЧИ ЖИВОТНЕ СРЕДИНЕ

Вештачке (синтетичке) материје које имају аморфну макромолекуларну структуру чине велику групу конструкционих материјала који се једном речју називају пластике. Наиме, пластика је назив за низ синтетичких и полусинтетичких производа полимеризације. Полазне сировине за производњу пластика могу бити минералног и органског (биолошког) порекла (*Јовановић et. al, 2003*). Основна подела пластике јесте на термопластичне материјале (термопласти) и термостабилне материјале (дуропласти). Под термопластима се подразумевају све пластике које омекшавају под дејством топлоте, а при хлађењу опет отврдњавају, док дуροпласти отврдњавају при загревању и добијају трајан облик те се више не може успоставити стање пластичности, већ свака додатна топлота доводи до њиховог угљенисања и разградње.

Први потпуно синтетички полимер је развијен 1907. године, а његова масовна производња започела је у четрдесетим годинама прошлог века (*Thompson et al., 2009*). Услед релативно ниске цене, лакоће производње, многостраности, непропустивости воде и отпорности на корозију, пластике се користе у широком и експандирајућем опсегу производа.

У последњих шездесет година, употреба пластике има највећу стопу раста упоређујући је са другим материјалима. На основу дијаграма приказаног сликом 3.1, могуће је уочити развој производње пластике на светском нивоу од 1950. па до 2015. године.



Слика 3.1 Производња пластике на глобалном нивоу за период од 1950. до 2015. године

У свету се педесетих година прошлог века, производило свега 2 милиона тона пластике годишње, а до 2015. године производња се увећала готово двеста пута. Наиме, 2015. године је произведен 381 милион тона пластике на глобалном нивоу (*Geyer et. al, 2017*). Као што је већ речено у поглављу 2, пластика чини чак 12% у укупној количини генерисаног комуналног отпада. У Европској унији се годишње произведе преко 28 милиона тона пластичног отпада.

Производња и употреба пластике у оволикој мери са собом носи одређене предности са аспекта животне средине, али су недостаци знатно бројнији. Неке од предности су уштеда енергије у транспортном сектору захваљујући малој специфичној маси пластике,

као и уштеда енергије у сектору зградарства због развоја различитих изолационих материјала. Такође, потрошња енергије приликом производње пластике је знатно нижа у поређењу са процесима производње других материјала (на пример, метала).

Широка употреба и специфична својства пластике узрокују и многобројне еколошке проблеме. Најпре са аспекта коришћења ресурса, пластика се синтетише готово искључиво из фосилних сировина. Наиме, на годишњем нивоу око 4-5% произведене нафте троши се за претварање у пластику, док се додатна 3-4% нафте троше као енергија током процеса производње исте. Само 2% укупно произведене пластике се добија од биолошке полазне сировине (*Carus et. al, 2017*).

Након употребе, пластични отпад постаје све проблематичнија врста отпада, посебно ако се неадекватно одложи. До осамдесетих година прошлог века, 100% пластичног отпада је одлагано на санитарне и несанитарне депоније, као и у водотокове. Последњих четрдесетак година развијају се различите методе третмана пластичног отпада, да би 2015. године, 25,5% пластичног отпада било третирано процесом инсинерације, а 19,5% процесом рециклирања. Преосталих 55% је трајно одбачено, чиме се губе значајна новчана средства (*Geyer et. al, 2017*). У Европској унији мање од 30% укупно генерисаног пластичног отпада се рециклира, док се остатак спаљује или одлаже на депоније. На годишњем нивоу више од осам милиона тоне пластике свој животни циклус заврши у океанима.

Пластични отпада изазива бројне еколошке проблеме, који настају као последица нагомилавања пластичних предмета и пластичних честица у окружењу. Споменути еколошки проблеми штетно делују на животну средину, али и здравље људи. Обзиром да пластика поседује својствену молекуларну стабилност, она се у природи не разлаже лако на једноставније компоненте. Пластични отпад се класификује као инертни отпад, односно пластични отпад поседује спору брзину разлагања својих компоненти природним путем. На основу разних извештаја и истраживања, закључује се да пластичном отпаду може бити потребно и до хиљаду година да се разгради. Такође, под дејством ултраљубичасте светлости, пластика се разлаже у микропластику коју је немогуће издвојити и која улази у ланац исхране, деградирајући природна станишта на тај начин.

Да би се позабавила еколошким проблемима, који се односе на пластични отпад, Европска унија је усвојила неколико законских оквира. За управљање отпадом уопште, Оквирна директива о отпаду (енгл. Directive 2008/98/EC on waste) утврђује општа начела и приказује хијерархију управљања отпада уопште, која је већ анализирана у поглављу 2. Прва Стратегија Европске уније за пластику (енгл. European Strategy for Plastics in a Circular Economy) усвојена је почетком 2018. године. ЕУ је још 2015. године донела Акциони план за циркуларну економију (енгл. Circular Economy Action Plan), а Стратегија за пластику је наставак првог стратешког документа, која треба да регулише токове производње, употребе и одлагања пластике, као и да подстакне прелазак на циркуларну економију. Прописан је низ мера које треба да осигурају успех поменуте Стратегије и да обезбеде одређене уштеде, зато што се сматра да неадекватно управљање пластичним отпадом у ЕУ узрокује економске губитке. Наиме, много пластичних производа, као што је пластична амбалажа, користи се једнократно и 95% њихове економске вредности, која се процењује на 80 до 120 милијарди долара годишње, губи се након иницијалне употребе (*WEF& Foundation Ellen MacArthur , 2017*).

3.1. Амбалажа и подела амбалаже

Управљање амбалажом и амбалажним отпадом има врло изражен еколошки, друштвени, социјални и економски значај.

Амбалажа јесте производ направљен од материјала различитих својстава, који служи за смештај, чување, руковање, испоруку, представљање робе и заштиту њене садржине, а укључује и предмете који се користе као помоћна средства за паковање, умотавање, везивање, непропусно затварање, припрему за отпрему и означавање робе.

Основна подела амбалаже јесте према основној намени у промету:

- ❖ примарна амбалажа јесте најмања амбалажна јединица у којој се производ продаје коначном купцу (на пример: флаша),
- ❖ секундарна амбалажа јесте амбалажна јединица која садржи више производа у примарној амбалажи са наменом да на продајном месту омогући груписање одређеног броја јединица за продају, без обзира да ли се продаје крајњем кориснику или се користи за снабдевање на продајним местима (на пример: гајба), и
- ❖ терцијарна (транспортна) амбалажа намењена за безбедан транспорт и руковање производа у примарној или секундарној амбалажи (на пример: контејнер) (*Службени гласник Републике Србије, 2009*).

Наредна подела амбалаже јесте према сировини, односно материјалу од ког је произведена:

- ❖ папирна и картонска,
- ❖ метална,
- ❖ стаклена,
- ❖ дрвена,
- ❖ текстилна,
- ❖ амбалажа од полимерних (платичних) материјала, и
- ❖ амбалажа од вишеслојних материјала (ламинати)

Такође, постоји подела амбалаже и према трајности коришћења исте:

- ❖ повратна амбалажа јесте амбалажа која се, након враћања од стране потрошача, поновно употребљава за исту намену,
- ❖ једнократна или неповратна амбалажа јесте амбалажа која је пројектована ради коришћења само једном (*Службени гласник Републике Србије, 2009*).

Произвођач амбалаже је дужан да амбалажу етикетира на начин, који је у складу са законском регулативом, како би потрошач био обавештен о даљем начину одлагања исте.

У овом раду је неопходно анализирати полимерну амбалажу од хране и пића, која представља једнократну амбалажу, односно амбалажу која се након употребе трајно одлаже или пак третира неком од наведених метода у поглављу 2.1.4, те ће иста бити укратко анализирана у наредном поглављу.

Полимерна амбалажа је заправо оно што већина људи сматра пластиком, па ће се из тог разлога у овом раду користи израз пластична амбалажа.

На глобалном нивоу, процењено је да пластична амбалажа представља 26% од укупне количине употребљене пластике.

У ЕУ током 2016. године, употребљена пластична амбалажа је достигла цифру од 16,3 милиона тона (*European Commission, 2019*). Скоро 60% пластичног отпада произведеног у ЕУ у 2015. години долази управо из амбалажног, а од чега је врло висок удео пластичне амбалаже од хране и пића. Све активности које се односе на управљање амбалажним отпадом у ЕУ регулисане су Директивом о амбалажи и амбалажном отпаду (енгл. Directive 94/62/EC on Packaging and Packaging Waste). Европска комисија је поставила као циљ да до 2030. године сва пластична амбалажа на тржишту ЕУ буде погодна за рециклирање, да се смањи потрошња пластике за једнократну употребу, а да планирана употреба микропластике буде ограничена. Ове циљеве је могуће остварити кроз примену еко-дизајна и имплементацију циркуларне економије.

Како на глобалном, тако и на нивоу Републике Србије, нагомилана искоришћена пластична амбалажа постаје све већи и све уочљивији еколошки проблем. Последице овог загађења се могу ублажити, међутим у Србији недостају мере које би подстицале шире учешће у третману, односно превенцији настајања пластичне амбалаже. У 2017. години, шест оператера је вршило управљање амбалажом и амбалажним отпадом за више од 1800 правних лица која стављају амбалажне производе на тржиште Србије.

Према последњим статистичким подацима Агенције за заштиту животне средине из 2018. године, количина пластичне амбалаже пласиране на тржиште Републике Србије од стране правних лица или предузетника који су своје обавезе пренели на оператере износи 92.018,7 тона, док укупна количина преузетог пластичног амбалажног отпада од стране оператера система управљања амбалажним отпадом износи 41.722,17, а количина рециклираног пластичног амбалажног отпада је 29.820,81 тона (*СЕПА, 2018*). Важно је истакнути да у Србији већина пластичног амбалажног отпада потиче из F&B сектора, па на пример пластичне флаше од пића на просечној српској депонији представљају 9% од укупне тежине отпада, а запремински заузимају чак 32% простора једне просечне депоније.

Такозвана пластична амбалажа се производи од различитих термопластичних маса, као што су полимери на бази поливинилхлорида (PVC), полиетилена (PE), полипропилена (PP), и др. Готово све пластичне масе се могу рециклирати, односно третирати након фазе употребе. Међутим, један од примарних проблема при преради пластичног амбалажног отпада јесте његова идентификација и сортирање по врстама. У циљу лакше идентификације пластичних маса, удружење индустрије пластике САД (енгл. Society of the Plastics Industry - SPI), усвојило је 1988. године кодове за идентификацију полимерних маса, који су приказани у табели 3.1. Наиме, сваки пластични производ је етикетиран симболом троугла састављеног од три стрелице. Стрелице иду у смеру казаљке на сату и обликују троугао унутар којег се налази SPI број („*Product Trading*“, 2008).

Табела 3.1 Кодови за идентификацију пластичних маса

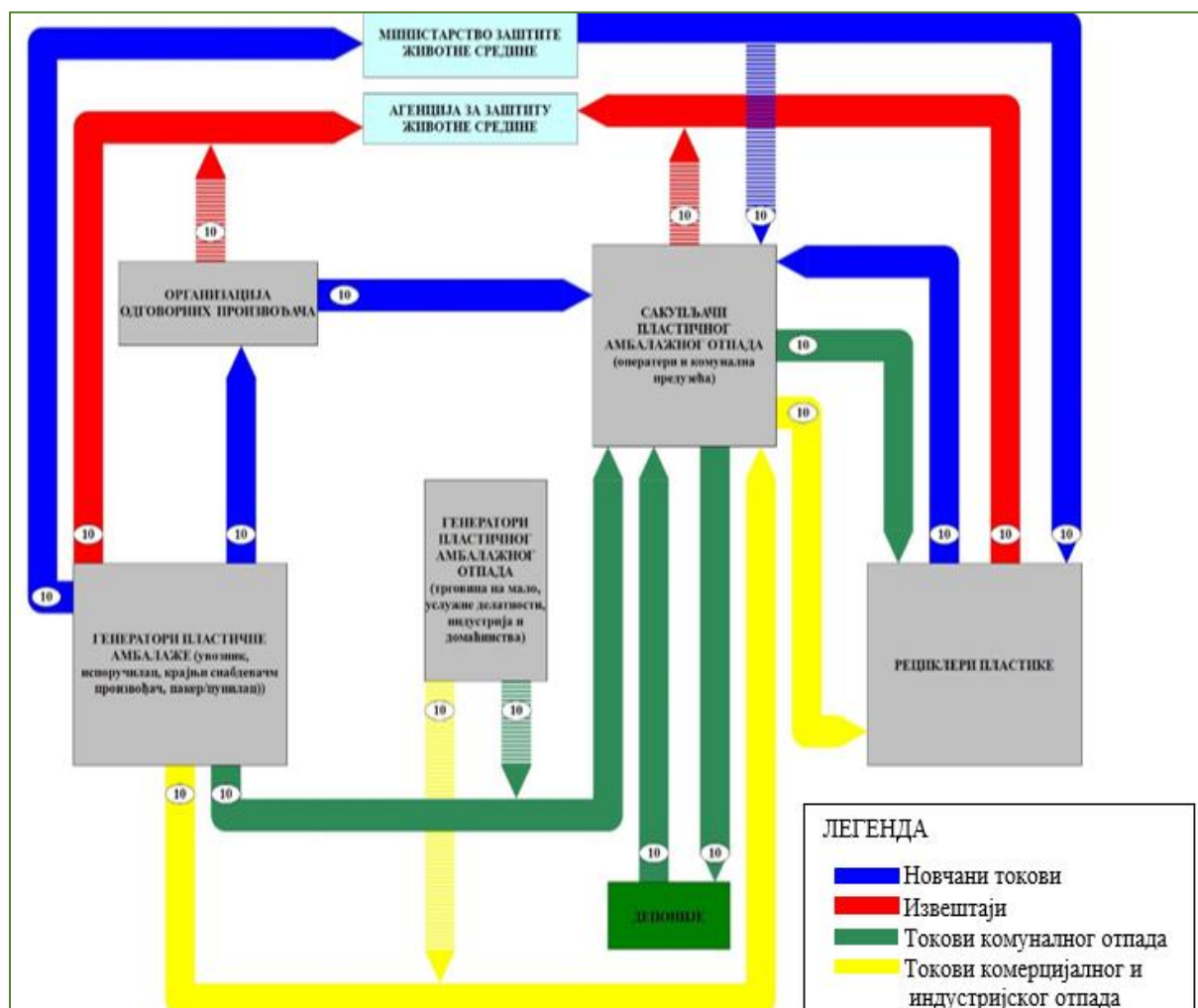
Симбол полимера	Назив полимера	Употреба полимера у F&B сектору	Илустрација производа
	Полиетилен терефталат	Пластичне флаше за сокове и воду, тегле, провидне кутије за паковање хране у супермаркетима, итд.	
	Полиетилен велике густине	Флаше мека и сока, боце сирћета или уља, посуде за чоколадни сируп, кесе за лед, итд.	
	Поливинил хлорид	Омоти за месо у супермаркетима, флаше за јестиво уље, итд.	
	Полиетилен ниске густине	Боце за мајонез и кечап, фолије за паковање, кесе за куповину, кесе за сендвиче, итд.	
	Полипропилен	Посуђе намењено грејању у микроталасној, пластичне флаше за воду, чаше за јогурт / павлаку, кутије за сладолед, итд.	
 	Полистирен Експандирани полистирен	Једнократне чаше, посуде за печење, виљушке, кашике, ножеви, сламчице, итд. Кутије за транспорт хране од полистиренске пене, итд.	
	Остали полимерни материјали	Флашице и цуцле за бебе, неке врсте пластичних флаша за воду, поклопци, итд.	

У табели је приказано осам група полимера и дати су примери њихове употребе у F&B сектору, зато што ови полимери чине 99% укупно коришћене пластичне амбалаже у Европи.

Како је сврха овог истраживања извршити анализу токова пластичног амбалажног отпада од хране и пића, анализа ће се спровести збирно за сав генерисан пластични амбалажни отпад на територији Републике Србије, али и појединачно по претходно наведеним полимерима, који представљају различите типове пластичне амбалаже.

Као што је већ речено, управљање амбалажом и амбалажним отпадом у Републици Србији је дефинисано Законом о амбалажи и амбалажном отпаду. Предузећа која производе или управљају амбалажом и амбалажним отпадом имају обавезу да у свом

раду поступају у складу са одредбама наведеног закона, а затим да достављају извештаје надлежним органима. Систем управљања амбалажом и амбалажним отпадом у РС је у складу са законском регулативом, а шематски је представљен на слици 3.2.



Слика 3.2 Систем управљања пластичном амбалажом и амбалажним отпадом у Републици Србији

Приказана шема је израђена у складу са Извештајем о управљању амбалажом и амбалажним отпадом у 2017. години, као и са истраживачким радом „Efficiency of packaging waste management in a European Union candidate country“ (Мракјућ *et. al*, 2018).

Токowie пластичних материјала, чија ће се анализа спровести, јесу токови који припадају F&B сектору. Анализа ће се односити на све једнократне пластичне амбалажне производе, која одговорна предузећа производе, а затим пласирају на тржиште, односно испоручују различитим потрошачима (домаћинства, трговине на мало, организације које обављају услужне делатности и индустрија). Искоришћена амбалажа се преузима од стране сакупљача амбалажног отпада (комунална предузећа, овлашћени оператори или неформални сакупљачи), а затим се шаље на даље третирање или се пак, одлаже на депоније (контролисане, санитарне или дивље).

3.2. Примери загађења животне средине пластичним отпадом

Тражња и људска потреба за пластичним производима је у константном порасту како на домаћем, односно европском, тако и на светском тржишту. Основни разлог сталног раста тражње за овим производима је пре свега њихова ефикасност, функционалност, естетска прихватљивост, али и одрживост при коришћењу како у домаћинствима, тако и у осталим привредним секторима.

Може се рећи да пластика представља кључни материјал за садашње друштво и економију, али обзиром да се очекује да ће се потрошња и загађење пластичним отпадом у будућем периоду значајно повећати, неопходно је да се предузму одређење мере у циљу подизања свести становништва о начинима његовог разумног третирања.

Пластични отпад је постао и те како уочљив еколошки проблем, што се може закључити и на основу бројних примера.

Од 1950. године, односно од када је започета масовна производња пластике, све већи удео чврстог отпада који се проналази у водним ресурсима, чини управо пластични отпад. Наиме, стручњаци сматрају да 80% загађења мора и океана потиче из копнених извора. Статистички подаци показују да на годишњем нивоу из река у океан уђе од 1,15 милиона до 2,41 милиона тона пластике, а да више од осам милиона тоне пластике свој животни циклус заврши у океанима (GESAMP, 2019). Као доказ прекомерног нагомилања отпада у океанима, може се навести Велики пацифички тепих од смећа или такозвано пластично острво (енгл. Great Pacific Garbage Patch - GPGP), које представља једну од пет највећих акумулација пластичног отпада у океанима. GPGP приказан је на слици 3.3, а дефинише се као гомила плутајућег отпада, првенствено пластике на северном делу Тихог океана.



Слика 3.3 Приказ Great Pacific Garbage Patch („TOCU“, 2019)

Слика 3.3 најбоље приказује обим еколошких последица пластике на глобалном нивоу. Величина приказаног плутајућег „острва“ је 1,6 милиона km^2 , што представља отприлике три пута већу површину од површине Француске. Маса пластичног отпада, који је идентификован у GPGP, процењена је на око 80 000 тона („TOCU“, 2019).

На готовој свакој плажи на свету се може приметити проблем пластичног, а поготово пластичног амбалажног отпада од хране и пића (кесе, флаше, чаше, сламчице, итд.).

Према истраживању које је одредило филипинско удружење „GreenPeace“, Кина се карактерише као највећи загађивач океана, па је плажа једног кинеског града и приказана на слици 3.4. Поред Кине, Филипини Индонезија, Тајланд, Малезија и Вијетнам јесу државе са најлошијем системом управљања пластичним амбалажним отпадом („GreenPeace“, 2019).



Слика 3.4 Приказ загађене плаже у Народној Републици Кини („GreenPeace“, 2019)

Једном када пластика уђе у водоток, мала је вероватноћа да ће напустити то подручје, већ се она разграђује у микропластике под утицајем сунца и подморског живог света. Како се све више и више пластике одбацује у околину, концентрација микропластике у водама експедитивно расте, па је чак тим научника открио сићушне комаде пластике у арктичком леду, што додатно угрожава подморски живот чак и у најудаљенијим водама на планети Земљи. На слици 3.5 приказани су пластични предмети, који су пронађени у природи. Пројекат „Found in nature“ реализовао је фотограф Barry Rosenthal где је прикупљао и фотографисао отпад пронађен на плажама, а у циљу подизања свести људи о негативном отisku који ствара пластични отпад на животну средину.



Слика 3.5 Пластични отпад пронађен у природи (Rosenthal, 2019)

Као један од најновијих доказа за нагомилавање пластичне амбалаже у околини, јесте исказ америчког истраживача, који је поставио нови рекорд за најдубљи морски зарон

икада у Маријанском рову, односно у најдубљем делу светских океана и најдубљем месту на Земљиној кори. Наиме, он је у оквиру мисије мапирања најдубљих подводних места у свету средином маја 2019. године, на дубини од око 10.930 метара, пронашао пластичну кесу и омоте од слаткиша („*Time*“, 2019).

Пластика одложена у околину улази у ланац исхране, што се може закључити на основу бројних спроведених истраживања. Према подацима Уједињених нација, 30% риба отровано је пластиком, а претпоставља се да ће до 2050. године у морима бити више пластике него рибе. Безброј је документованих случајева у којима су животиње уместо хране, прогутале пластични материјал, а онда умирале у боловима због зачепљења или немогућности даљег прехранивања. На десетине хиљада китова, птица, фока и корњача сваке године умире због пластичних маса у природи. Распадом лешева животиња које су угинуле због контаминације пластиком, пластика се поново враћа у природу, те се такав циклус може понављати стотинама година. Као пример за споменуте негативне ефекте загађења пластичним отпадом, може се навести ситуација на атолу Мидвеј. Наиме, фотографи су забележили феномен који називају „гробље албатроса“. Обале атола су препуне угинулих албатроса, а у фази њиховог распадања уочљиви су пластични остаци у њиховим стомацима („*ScienceLine*“, 2019).

Како у свету, тако и у Републици Србији примери за загађења, која су последица генерисања пластичног отпада су бројни. Проблем са пластиком је што досадашња стратегија сакупљања и рециклирања не даје резултате. То је зато што је искоришћена пластика безвредна и зато што је произвођачу јефтиније да произведе нову него да рециклира употребљену. На слици 3.6 приказан је одложен пластични отпад поред реке Саве, на територији Сремске Митровице.



Слика 3.6 Одложен пластични отпад покрај реке Саве

У циљу смањења циркулисања пластичног отпада у водотоковима Србије, компанија Секопак је формирала прву еко преградну брану за одбрану од амбалажног отпада на реци Рашкој. Формирана брана је зауставила око три тоне ПЕТ отпада који је, услед обилних киша, доспео у корито реке са дивљих депонија („*SekoPak*“, 2019).

Постоји много начина за сузбијање пластичног отпада, али сви начини захтевају ангажовање бројних актера у друштву, укључујући грађане, владе, локалне заједнице, организације, компаније и произвођаче. Политика, законска регулатива, већа свест становништва и побољшани процеси дизајнирања и одлагања производа, могу смањити утицај пластичног отпада на околину.

4. АНАЛИЗА ТОКОВА МАТЕРИЈАЛА

У свету је развијен велики број метода, који се употребљавају током доношења одлука у области управљања ресурсима и области заштити животне средине.

Једна од метода, која има широку примену и за коју се може рећи да представља основ за остале методе, али која се истовремено може користити и независно од других метода, јесте анализа токова материјала.

Анализа токова материјала је метод који се користи за описивање, истраживање и евалуацију метаболизма антропогеног и геогеног система (*Нешковић-Маркић, 2016*). Приликом развијања MFA метода пошло се од чињенице да се материјали понашају у складу са основним законима физике, прецизније – у складу са законом о одржању масе, који представља експериментално утврђено чињенично стање да је у хемијским реакцијама маса реактанта једнака маси производа реакције. Наиме, закон о одржању масе говори о материјалном билансу, који подразумева то да све што уђе у један систем мора и да изађе из истог. Другачије речено, материја не може нестати, она се једино може трансформисати (на пример променити агрегатно стање) и напустити систем у форми емисија или пак, неких других нус-продуката.

На основу наведеног, анализа токова материја се дефинише као аналитички алат квантификације токова материјала или материје, односно супстанце у добро дефинисаном систему, како у времену, тако и у простору. Један добро дефинисани систем карактеришу улаз, излаз и залихе у складу са законом о одржању масе, стога MFA презентује контролисани материјални биланс једног система (*Brunner & Rechberger, 2017*).

Концепт анализе токова материјала је развијен од стране грчких филозофа пре две хиљаде година, када је управо схваћено да је улаз материје у једном физичком процесу готов једнак излазу материје из процеса. Средином двадесетог века, MFA концепт је почео да се имплементира у различитим областима. Последњих неколико деценија, анализа токова материјала има широк спектар употребе у многобројним процесима, као што су:

- ❖ процес снабдевања који се састоји од примарног сектора, укључујући пољопривреду,
- ❖ процес производње, укључујући и индустрију, трговину и комерцијалу,
- ❖ процес потрошње углавном састављен од потрошача, претежно приватних домаћинстава,
- ❖ процес управљања отпадом који обухвата све третмане и отпад произведен у свим осталим процесима.

Основни циљеви анализе токова материјала јесу:

- ❖ дефинисање „система“ материјалних токова и залиха,
- ❖ процењивање квантитативно релевантних токова и залиха,
- ❖ проверавање масених биланса, осетљивост и неуобичајености,
- ❖ представљање резултата анализе на изводљив, разумљив и транспарентан начин,
- ❖ коришћење резултата као основе за управљање ресурсима, животном средином и отпадом,
- ❖ праћење акумулације или трошење залиха, као и будућих еколошких оптерећења, и други (*Bošković et. al, 2019*).

За разлику од метода процене попут анализе животног циклуса, процене ризика или економске анализе, процена токова материјала и залиха није основни циљ MFA концепта. Циљ MFA је да служи као физичка окосница за такве процене. MFA без подршке других методологија не може уочити утицаје на животну средину. Генерално, ова метода представља прикупљање, хармонизацију и анализу података о физичким токовима материјала и залиха из различитих извора.

Фокус овог рада јесте анализа токова пластичног амбалажног отпада у Републици Србији, те је битно напоменути да кроз балансирање улаза и излаза токова отпада у једном систему, еколошки отисак на околину постаје уочљивији, а изворе оптерећења на околину, односно процесе у којима настаје, могуће је лоцирати. Такође, исцрпљивање или нагомилавање залиха материјала могуће је препознати довољно рано, како би се предузеле одговарајуће мере, а у циљу унапређења тренутног стања система.

MFA користи специфичну терминологију која варира од аутора до аутора. У овом раду се користи терминологија коју су дефинисали Паул Брунер и Хелмут Рехбергер у свом практичном приручнику о анализи токова материјала (*Brunner & Rechberger, 2004; 2017*).

4.1. Методологија MFA

На глобалном нивоу је развијен велики број методологија, који се употребљавају током доношења одлука у области управљања отпадом, чија је примарна интенција заштита и очување здравља становништва, односно животне средине и природних ресурса. Анализа тока материјала прати кретање материјала и залиха од интереса, као и трансформационе процесе који чине његов животно циклус.

У области управљања отпадом, количина генерисаног отпада и састава отпада често нису добро познати. MFA омогућава евалуацију количине и састава отпада, уравнотежењем процеса настајања отпада или процеса прераде, односно третмана отпада, из чега следи да је MFA алат добро прилагођен за економичну и релативно тачну анализу токова отпада.

Поуздане информације о количини генерисаног отпада и саставу отпада имају велики значај при:

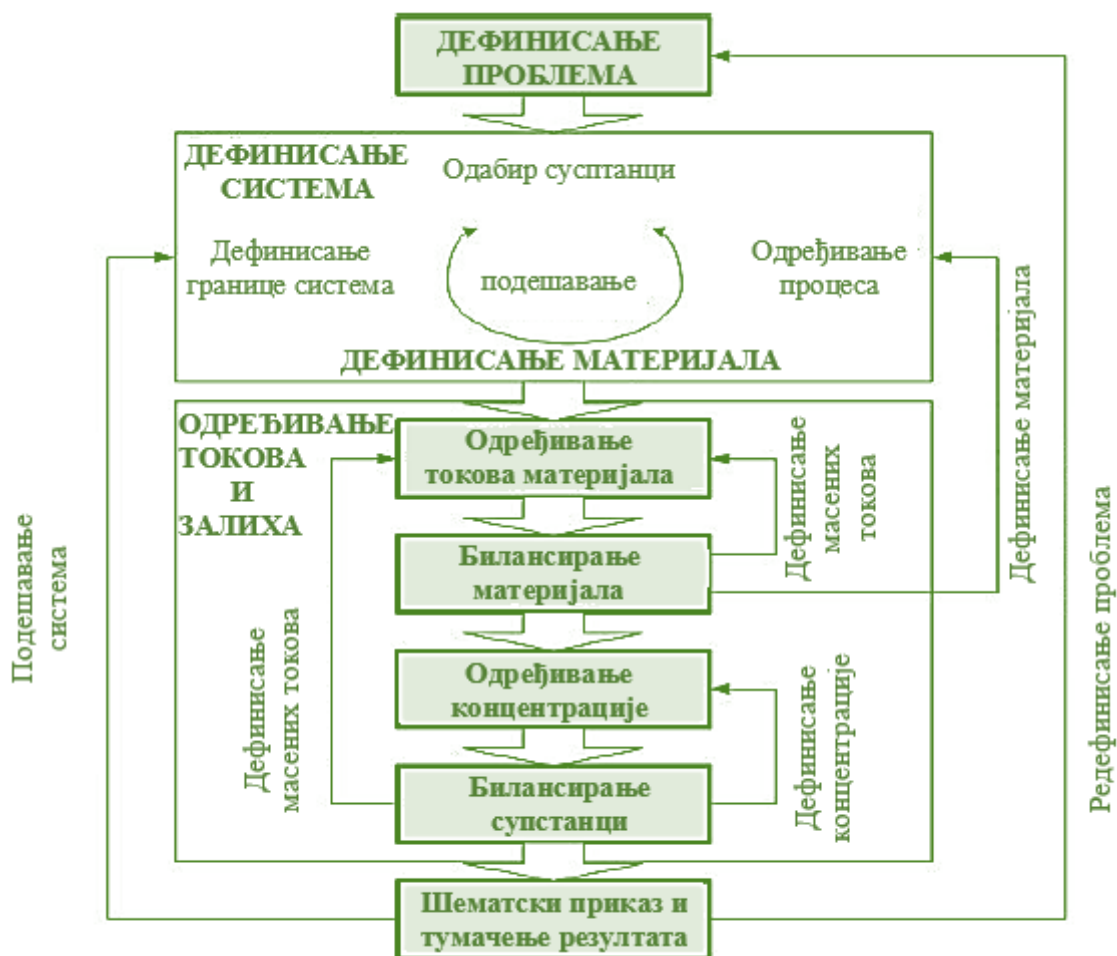
- ❖ идентификовању потенцијала за рециклирање,
- ❖ идентификовању потребе за пројектовањем или одржавањем постројења за прераду отпада,
- ❖ предвиђању емисије из постројења за третман и одлагање отпада,
- ❖ испитивању утицаја законодавних, логистичких и техничких мера на токове отпада (*Bauer, 2009*).

Анализа токова материјала има битну улогу у области управљања комуналним отпадом, зато што је помоћу ње могуће на најлакши начин схватити карактеристике отпада, као што су материјали или фракције комуналног отпада, физичке, хемијске и биохемијске параметре отпада, али и концентрацију одређених супстанци у отпаду. Имплементација MFA методологије у области управљања отпадом спроводи се кроз израду студије, која се састоји из два сегмента:

- ❖ системска анализа (одређивања сврхе/циља студије, дефинисање оквира захвата студије и дефинисање граница система, односно дефинисања почетка и краја токова),

- ❖ процесна анализа (обрачунавање и балансирање материјалних добра, одређивање масених токова за дефинисане улазе и излазе материјала, и израда модела, односно шематски приказ и интерпретација резултата студије).

Итеративни поступак израде MFA студије приказан је на слици 4.1.



Слика 4.1 Процедура израде MFA студије (Brunner i Rechberger, 2004)

Такође, Брунер и Рехбергер су представили термине који су дефинисани методологијом MFA: супстанца, производ, материјал, процес, ток и флуks, залихе, трансфер коефицијенти, систем и границе система, чије ће сажете дефиниције бити приказане у наредном поглављу.

4.1.1. Основна терминологија MFA

Супстанца (енгл. Substance) или материја се дефинише као материјал од кога се састоје добра или производи. Наиме, под супстанцом се сматра било који (хемијски) елемент или једињење састављено од јединствених јединица (на пример C, Cu, N, CO₂). Све супстанце карактерише јединствени и идентичан састав, па се може рећи да су супстанце хомогене (Sax & Lewis, 1987). На основу, ове дефиниције могуће је закључити да на пример дрво није супстанца, зато што се састоји од целулозе, кисеоника, водоника, и слично.

Материјална добра (енгл. Good) се дефинишу као материје са позитивном или негативном економском вредношћу. Материјална добра се састоје од једне или више супстанци. У економском смислу, добро се дефинише као појам који означава производе

настале као резултат људског рада, како би се задовољиле потребе потрошача путем тржишта (*Дашић & Џомбић, 2009*). Битно је напоменути да постоје добра, која немају економску вредност, као што су издувни гасови, ваздух или пак, падавине.

Под **материјалом** (енгл. Material) се подразумевају и примарне сировине, али и све физички или хемијски модификоване материје. Термин материјал се користи и за супстанце и за материјална добра, поготово када још увек није познато на ком ће нивоу одређена анализа бити спроведена.

Процес (енгл. Process) означава транспорт, трансформацију, складиштење или промену вредности супстанце или производа. Под процесом се може подразумевати активност (на пример: спаљивање), постројење (на пример: депонија или компостана), услуга (на пример: сакупљање отпада) или медијум животне средине (на пример: атмосфера, хидросфера, земљиште) (*Нешкових-Маракић, 2016*). Приликом анализе токова материјала обично се процеси дефинишу као такозване „black box“, што значи да се дешавања унутар оквира процеса не узимају у обзир, већ су за анализу значајни једино улазни и излазни токови. Ако су дешавања унутар процеса од интереса, процес се мора поделити на **под-процесе** (енгл. Subsystem), који се описују додатним детаљнијим MFA моделима.

Процеси су повезани **токовима** (енгл. Flow), односно током масе материјала у јединици времена (на пример: kg/s) или **флуксевима** (енгл. Flux) односно, масом материјала у јединици времена кроз јединичну површину (на пример: kg/(s*m²)). Токови или флуксеви материјала који улазе у процес називају се улазни токови, док они који излазе из процеса се називају излазним. Битно је напоменути да постоје и такозвани „Import/Export“ токови, односно токови који прелазе дефинисану границу система. „Import“ токови су ону који се сматрају улазним токовима у један систем, док „Export“ су они који се сматрају излазним токовима из једног система.

Због закона о одржању материје, резултати MFA могу да се контролишу једноставним материјалним билансом, при чему се пореде сви улази, залихе и резултати, односно излазни токови из процеса (*Стевановић-Чарапина et. al, 2014*). Материјални баланс који се користи при изради MFA студије, може се објаснити једначином 4.1:

$$\sum_{n=1}^i Input_i = \sum_{n=1}^j Output_j + \Delta S \quad (4.1)$$

Једначина 4.1 показује да је маса свих улазних токова материјала (Input) у неки процес једнака збиру масе свих излазних токова (Output) и промени масе залиха тог процеса. У једначини i показује укупан број улазних токова, док j представља број излазних токова из процеса.

Залиха (енгл. Stock) у једначини 4.1 обележена као ΔS , најлакше се може дефинисати као количина материјала која је ускладиштена у једном процесу. Наиме, залиха јесте акумулација ($\Delta S > 0$) или деградација материјала ($\Delta S < 0$) у процесу.

Трансфер коефицијент (енгл. Transfer coefficient) или како се још назива коефицијент преноса TC представља једну од основних карактеристика процеса, а описује проценат укупног протока материјала i , који се трансформише у специфичан излазни производ j . Наиме, за бројне процесе линеарни трансфер коефицијенти могу се користити за дескрипцију удела материјала у процесу, што је и приказано једначином 4.2 и једначином 4.3. Једначина 4.2 показује инпуте са различитим вредностима TC :

$$\sum_{n=1}^i Output_j = \sum_{n=1}^{k_1} TC_{i,j} \times Input_i \quad (4.2)$$

$$\sum_{j=1}^{k_0} TC_{i,j} = 1 \quad (4.3)$$

Збир трансфер коефицијената свих излазних токова мора бити 1, обзиром да се трансфер коефицијенти залиха посматрају као излазни токови.

Насупрот једначини 4.2, односно 4.3, једначине 4.4 и 4.5 показује инпуте са еквивалентним TC :

$$Output_j = TC_j \times \sum_{n=1}^{k_1} Input_i \quad (4.4)$$

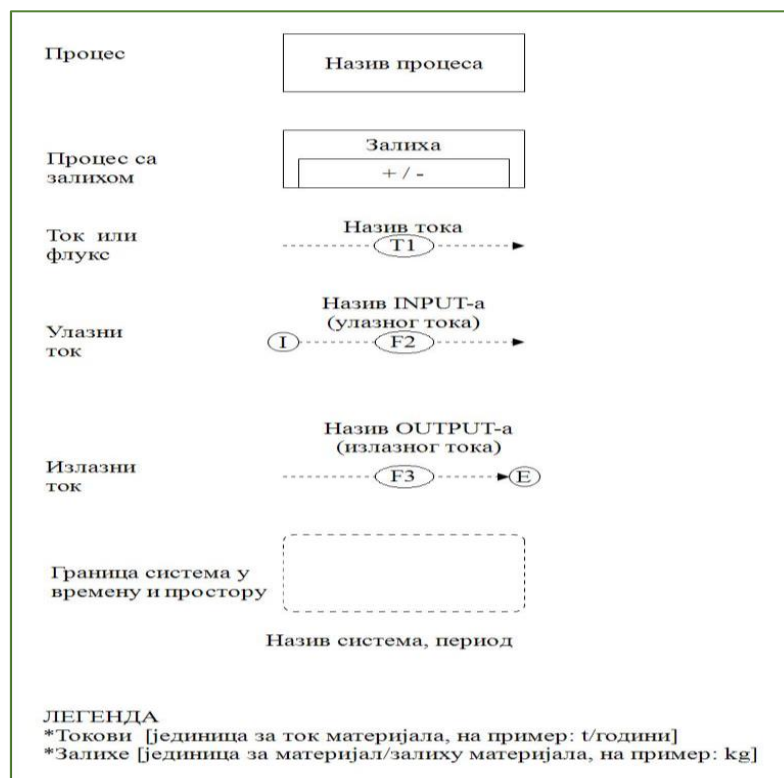
$$\sum_{j=1}^{k_0} TC_j = 1 \quad (4.5)$$

У претходним једначинама k_1 означава број улазних токова, док k_0 означава број излазних токова из процеса.

Систем (енгл. System) представља кључни предмет анализе токова материјала. Систем је дефинисан групом MFA елемената (процеса, токова, и сл.), интеракцијом између тих елемената и **границама система** (енгл. System boundary) које дефинишу читав систем у простору и времену. Границе система имају битну улогу у дизајнирању MFA модела, зато што процеси унутар система морају бити балансирани и морају бити дефинисани уобичајено у одређеном временском интервалу, односно географском подручју.

Сви резултати MFA се приказују помоћу дијаграма, који су креирани по **SANKEY** принципу, односно ширина стрелица које означавају токове материјала пропорционална је њиховој вредности.

Ординарни симболи који се користе при изради MFA модела, односно шематског приказа истог, приказани су на слици 4.2.



Слика 4.2 Основни симболи који се користе при изради MFA модела

4.2. Симулациони софтвери

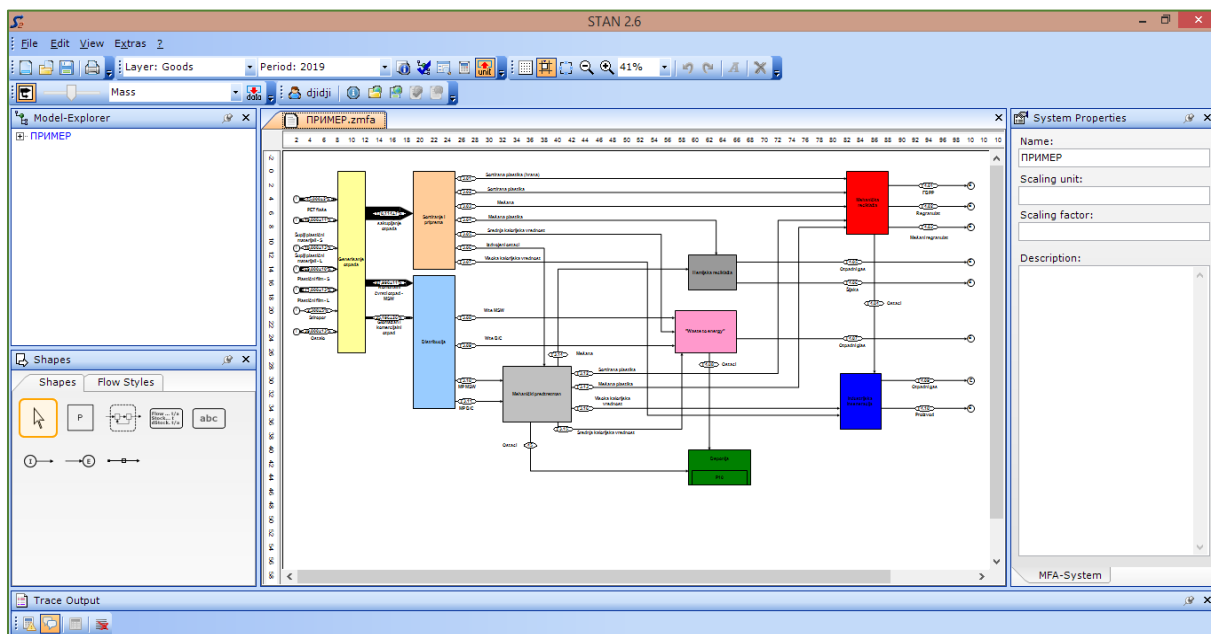
На тржишту је могуће пронаћи већи број развијених софтвера који се користе при анализи токова материјала. Употреба одговарајућег софтвера за формирање MFA модела има разне предности, од којих се као најбитније издвајају:

- ❖ могућност графичког моделирања са аутоматским превођењем у математички модел,
- ❖ креирање базе прикупљених података, укључујући изворну документацију,
- ❖ разматрање одступања података,
- ❖ усклађивање контрадикторних података,
- ❖ израчунавање непознатих масних токова и залиха,
- ❖ интерпретација добијених резултата помоћу SANKEY дијаграма, и друге.

За симулацију токова пластичног амбалажног отпада од хране и пића у Републици Србији, у овом раду су коришћена два софтверска пакета, тачније софтвер STAN и софтвер SankeyFlowShow.

4.2.1. Софтвер STAN

STAN (subSTance flow Analysis) је слободно доступан софтвер (www.stan2web.net) који помаже да се изврши анализа токова материјала, а у складу са аустријским стандардом ÖNORM S 2096, који се односи на примену MFA у области управљања отпадом. Наведени програм је развијен на Техничком факултету у Бечу и данас, броји нешто више од 13.000 корисника у различитим организацијама (универзитети, индустрија, мала и средња предузећа, итд.). На слици 4.3 приказано је радно окружење софтвера.

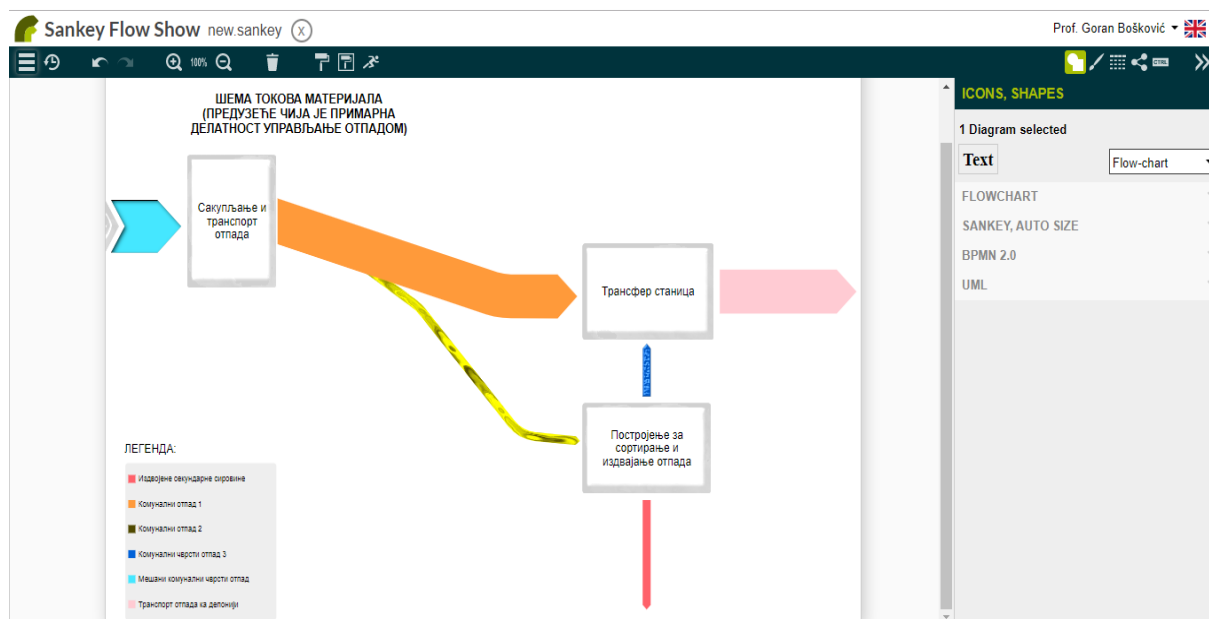


Слика 4.3 Радно окружење софтвера STAN са симулацијом у току

Након креирања графичког модела са унапред дефинисаним елементима (процеси, токови, границе система, текстуална поља), помоћу софтвера STAN могуће је извршити унос или увоз података, помоћу софтвера Microsoft Excel, као што су масени токови, густине токова, залихе, концентрације, и остало, након чега ће софтвер по унапред дефинисаном алгоритму масеног биланса, израчунати непознате количине материјалних токова (Ценчић, 2017).

Софтвер SankeyFlowShow омогућава да се лако креирају SANKEY дијаграми у различитим областима, као што су енергетски токови, токови материјала, или пак економски токови.

У овом раду, наведени програм ће се користити за презентацију добијених резултата анализе пластичног амбалажног отпада од хране и пића у РС. Наиме, SankeyFlowShow, чије је радно окружење приказано на слици 4.5, пружа визуализацију најбитнијих токова, било најповољнијих или најнеповољнијих.



Слика 4.4 Радно окружење софтвера SankeyFlowShow са симулацијом у току

Анализирани софтвер се употребљава широм света и представља модерну веб апликацију за креирање најразличитијих дијаграма у прегледачу, а користи га више од 10.000 корисника („SankeyFlowShow“, 2019).

Израда SANKEY дијаграма помоћу ове веб апликације је олакшана, те захтева само познавање неколико основних његових функција:

- ❖ дефинисање процеса модела,
- ❖ дефинисање токова материјала који повезују процесе,
- ❖ дефинисање познатих података о токовима, односно процесима.

Битно је нагласити да помоћу SankeyFlowShow софтвера није могуће израчунати непознате количине материјалних токова, већ се користи искључиво ради побољшане презентације резултата добијених анализом токова материјала.

5. ПРИМЕНА АНАЛИЗЕ ТОКОВА МАТЕРИЈАЛА НА ПЛАСТИЧНИ ОТПАД ОД ХРАНЕ И ПИЋА У РЕПУБЛИЦИ СРБИЈЕ

5.1. Дефинисање проблема

Процес производње производа од пластике подразумева прераду нове или рециклиране пластичне смоле у међуфазне производе применом разних поступака, нпр. пресовањем, моделирањем, изливањем у калупе, екструдирањем и др. За већину тих поступака важи да је процес производње такав да може да се направи велика количина разноврсних производа (*Службени гласник Републике Србије, 2010*). Према класификацији делатности, индустрија пластике и гуме чини један сектор. Са учешћем од преко 8% у бруто додатој вредности, сектор гуме и пластике је други најзначајнији сектор прерађивачке индустрије у Србији и доприноси БДП-у више него што је то уобичајено у државама Европске уније (*ЦЕВЕС и ПКС, 2017*). Карактеристике наведеног сектора указују и да је он развојна прилика коју вреди подржати, зато што би се развојем тог сектора испуњавали и други стратешки циљеви, везани за раст запослености и зарада, али и равномерни регионални развој.

Производњу пластичних маса карактеришу сировине које се користе у производном процесу, међутим битно је напоменути да због недостатка података, нису све сировине у процесу производње идентификоване, што представља ограничавајући фактор у даљој анализи. У производњи и преради пластике, сировине се могу набавити на домаћем тржишту, тачније у фабрици „Петрохемија“ и у фабрици „Хипол“, која је тренутно у стечају. Обзиром да домаће сировине, не могу да задовоље целокупну тражњу, највећи део пластичних маса се увози. Изузев сировина, и машине за производњу пластичних маса се увозе. Поред Немачке и Италије, све чешће увоз машина се врши и из Кине. Насупрот машинама, алати потребни за процесе производње се набављају на домаћем тржишту или пак, производе у сопственој режији. У 2016. години произведена је 181.000 тона пластичних маса у примарним облицима, што износи 0,3% европске производње (*РЗЗС, 2018*).

Трговина пластичним материјалима се врши на домаћем тржишту, али и у спољнотрговинском промету.

Табелом 5.1 приказани су подаци о производњи, увозу, извозу и потрошњи пластичних маса у Републици Србији током 2016. године.

Табела 5.1 Производња, увоз, извоз и потрошња пластичних маса током 2016. године у РС (ПКС, 2019)

Година	2016
Производња пластичних маса [t]	181.120,00
Увоз пластичних маса [t]	371.710,00
Извоз пластичних маса [t]	167.730,00
Потрошња пластичних маса [t]	385.100,00

Узимајући у обзир број становника у Републици Србији у 2016. години, и потрошњи из табеле 5.1, констатује се да је просечна потрошња пластике износила 54,5 kg по становнику.

Индустрија пластике као функционалног, свеprisутног и важног материјала за привреду Републике Србије и живот становништва, дели се на више подсектора:

- ❖ производња амбалаже од пластике,
- ❖ производња предмета од пластике за грађевинарство,
- ❖ производња предмета од пластике за транспорт,
- ❖ производња пластичних полупроизвода за електричну и електронску опрему,
- ❖ производња пластичних полупроизвода за текстилну и производњу обуће,
- ❖ производња пластичних полупроизвода са применама у медицини, ветерини и фармацији,
- ❖ производња пластичних производа намењених сектору пољопривреде,
- ❖ производња пластичних производа намењених употреби у домаћинствима,
- ❖ производња осталих пластичних производа.

У последњих десетак година производња пластичних производа бележи раст. Према подацима Привредне коморе Србије, у 2018. години је произведено укупно 246,2 хиљаде тона пластичних производа. Уколико се анализирају једино пластични производи за паковање и транспорт, у 2018. години реализована је потрошња од 88.826 тона, или око 12,7 kg по становнику (ПКС, 2019).

Након фазе потрошње, пластични производ стиче статус отпада, зато што са аспекта потрошача такав производ није за даље коришћење и мора се одбацити. Према подацима из Еко-билтена који је објављен од стране Републичког Завода за статистику, током 2017. године укупно је генерисано 51.814 тона отпада од пластике. Табелом 5.2 приказане су количине генерисаног отпада од пластике у различитим секторима.

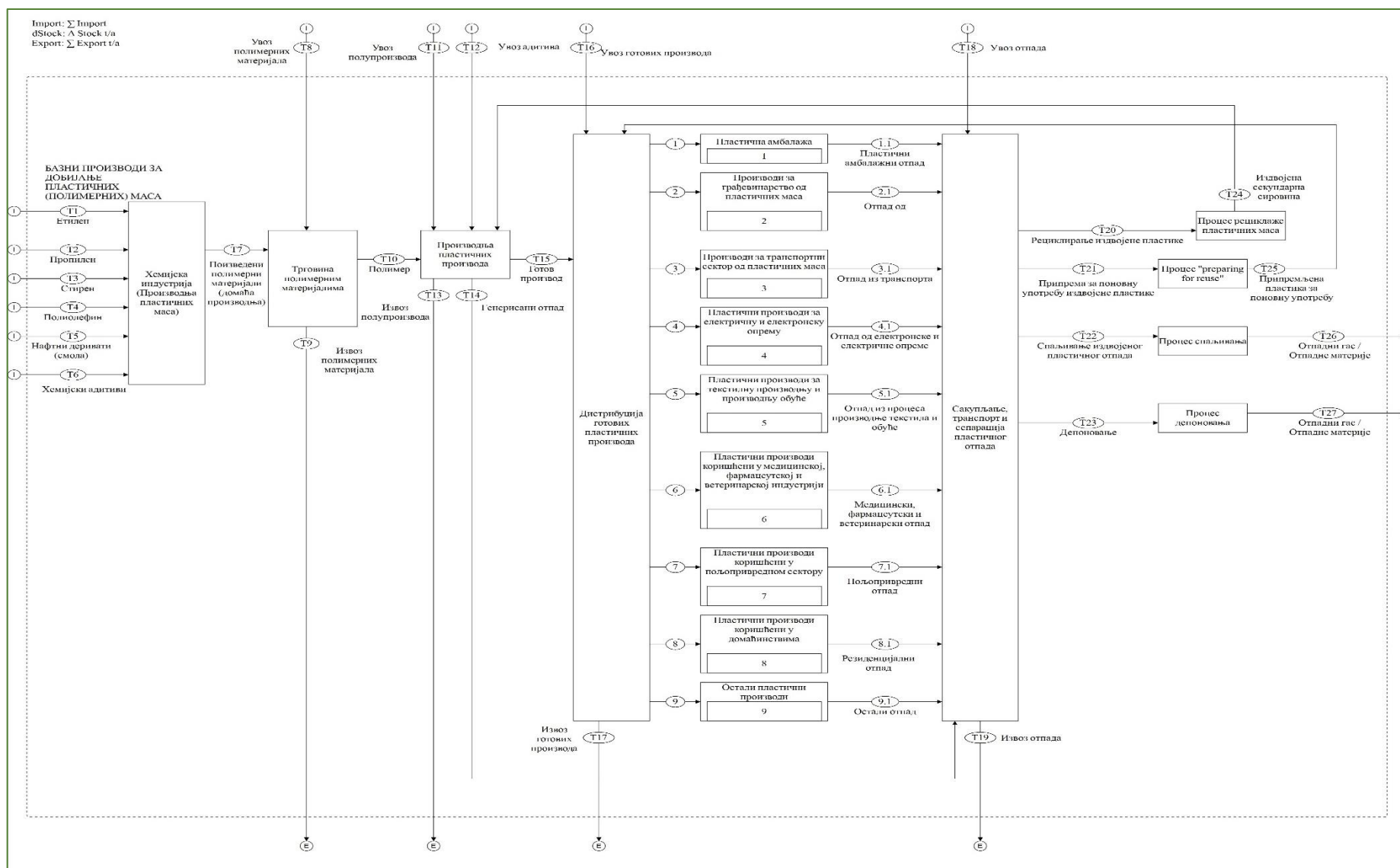
Табела 5.2 Генерисани отпад од пластике у различитим секторима (РЗЗС, 2018)

Назив сектора	Генерисани отпад [t]
Пољопривреда, шумарство и рибарство	361
Рударство	50
Прерађивачка индустрија	19.347
Снабдевање електричном енергијом, гасом и паром	460
Снабдевање водом и управљање отпадним водама	17.417
Грађевинарство	324
Домаћинства	8.213
Сектори услужних делатности	5.642

Пластични отпад се прикупља, сортира и продаје локално по релативно ниским ценама или извози. Након што потрошачи одбаце пластични производ, могуће је да изврше његову примарну сепарацију. Затим, јавна комунална предузећа организовано прикупљају већ селектовани отпад, након чега врше секундарну сепарацију пластичног отпада. Након извршене сепарације, издвојени пластични отпад се продаје рециклажним оператерима. Код оператера се даље врши селекција, прање и припрема пластичних производа за рециклажу. Након извршеног процеса рециклаже, рециклирани гранулат се продаје предузећима као сировина за пластичне производе.

Битно је напоменути да се у Републици Србији већина пластичног отпад одлаже на санитарне, контролисане или неуређене (дивље) депоније. Осим ова два метода третмана пластичног отпада, врши се и поновна употреба пластичног отпада, као и спаљивање отпада али у форми мешаног чврстог отпада.

На слици 5.1 илустративно је приказан укупни ток пластике у Републици Србији кроз све претходно споменуте токове и процесе.



Слика 5.1 Илустративна шема тока пластике у Републици Србији

Сликом 5.1 су шематски приказани сви токови пластичних производа у Републици Србији, међутим фокус овога рада јесте на токовима амбалаже од пластике. У укупној количини произведених пластичних производа, највише је заступљена производња амбалаже. На основу Нацрта стратегије управљања пластиком у Републици Србији до 2030. године у пакету циркуларне економије, закључује се да је у 2016. години производња амбалаже имала удео од 45,3% укупно произведених пластичних производа. Као што је већ наглашено, производња амбалаже од пластике представља производњу великог броја производа од пластике чија је примарна функција паковање, односно складиштење. Обзиром да је у модерном свету незамисливо да се нека роба пласира на тржиште, а да није упакована, успех и раст тржишта амбалаже је разумљив. Такође, тржиште амбалаже зависи и од различитих сектора индустрије у чијим ланцима вредности учествује (на пример: индустрија робе широке потрошње, прехранбена индустрија, медицина итд.), али се и значајно одражава на друге индустрије, у смислу складиштења и транспорта.

Према подацима Републичког завода за статистику, у Републици Србији током 2017. године је произведено 116.252 тоне амбалаже од пластичних маса. Производња амбалаже од пластике даје велики допринос друштвено–економским циљевима кроз подстицање предузетништва, али и највећи потенцијал за економски развој путем преливања ефеката. Због природе употребе производа из овог подсектора, он је укључен у велики број других ланаца вредности, а у Србији највише у ланцу вредности прехранбене индустрије.

Производња амбалаже представља највише диверзификовани под-сектор производње гуме и пластике и карактерише га велики број малих и средњих предузећа, а кључни индикатори стања у индустрији споменутог сектора и подсектора приказани су табелом 5.3.

Табела 5.3 Кључни индикатори стања у подсектору – производња пластичне амбалаже (МП, 2017)

	Сектор: Гума и пластике	Подсектор: Производња амбалаже од пластике
Број фирми	1.148	327
Запослени	19.061	3.250
Пословни приходи (2015; мил. ЕУР)	2.309	222
ЕВИТДА	188	21
Профит (2015; мил. ЕУР)	143	8

Од укупног броја фирми у подсектору амбалаже од пластике, свака друга фирма је извозник, а скоро свака трећа остварује нето суфицит у својој међународној трговини. Пласман готових пластичних амбалажних производа се врши кроз малопродају, чак и на пијацама. Одређени део се продаје директно или мења у компензационим пословима, а 60% производње се извози. Продаја и дистрибуција међу фирмама се врши у складу са одговарајућим уговорима. Главне трансакције пластичне амбалаже су према индустрији хране и пића. Сектор F&V обухвата активности које омогућавају трансформацију пољопривредних сировина у производе намењене људској исхрани, а истовремено две групације делатности – производњу прехранбених производа и производњу безалкохолних пића. Према подацима ЦЕВЕС-а, сектор F&V састоји се од око 3.500 фирми и од око 9.000 предузетника, а доприноси БДП-у Србије са 3,9% и формално запошљава више од 100.000 људи (ЦЕВЕС и ПКС, 2017).

Амбалажа најбрже постаје отпад, те се подаци о амбалажи пласираној на тржиште углавном узимају и као подаци о генерисаној количини пластичног амбалажног отпад у једној години.

На основу претходно приказаног, када се врши анализа токова пластике, може се закључити да је на првом месту неопходно анализирати токове материјала пластичног амбалажног отпада и то из сектора хране и пића. Наиме, чињеница да пластични амбалажни отпад најбрже постаје отпад јесте разлог зашто је неопходно извршити анализу токова материјала, а уједно представља и дефиницију проблема ове анализе. MFA у овом случају може лоцирати токове материјала, односно процесе током животног циклуса пластичне амбалаже које је могуће унапредити, кроз истовремено смањење екстракције нових сировина као и укупне генерисане количине амбалажног пластичног отпада. Осим тога, MFA може помоћи при дефинисању мера, складно којима би могао да се предложи и развије програм подршке привредницима у сектору пластике. Један такав програм би требало да се развије на основу тренутних потенцијала, слабости и граница анализираних гране индустрије у смислу примарне евалуације производних, људских и финансијских способности сектора да издржи конкурентски притисак тржишта. Развој и имплементацију програма треба вршити у складу са директивама Европске уније за одржив и равномерни развој.

5.2. Дефинисање система

5.2.1. Дефинисање границе система

Обзиром да граница система дефинише читав систем у простору и времену, неопходно је да се изврши детерминација границе система ове студије. Граница система углавном се одређује обимом студије.

У овом раду географска граница анализираних система се поистовећује са државном територијом Републике Србије, која је утврђена граничном линијом.

Сходно томе да процеси унутар MFA модела морају бити балансирани и морају бити дефинисани у одређеном временском интервалу, за временску границу модела најчешће се узима почетна година анализирања. У овом случају, за основну годину се усваја 2018. година. Међутим, тамо где подаци за 2018. годину нису доступни, користиће се последњи доступни подаци.

5.2.2. Дефинисање токова и процеса

Број процеса и токова потребних за опис једног MFA модела зависи како од циља студије, тако и од њене комплексности.

Како је већ речено, процеси се могу поделити на под-процесе, а у циљу детаљнијег приказа истог. У овом раду, за анализу токова пластичног амбалажног отпада од хране и пића биће дефинисано укупно тринаест различитих процеса, не укључујући под-процесе.

Ток материјала се карактерише улазима, односно излазима из једног процеса, те ће при спроведеној анализи бити дефинисано укупно тридесет и један ток, од којих је четири дефинисано као „Import“ токови, четири као „Export“ токови, а преостали су унутрашњи токови, односно улазни/излазни токови из дефинисаних процеса.

У анализираном моделу, развијаће се систем токова и процеса, који су груписани у различите фазе животног циклуса производа пластичне амбалаже, као што су: „Import

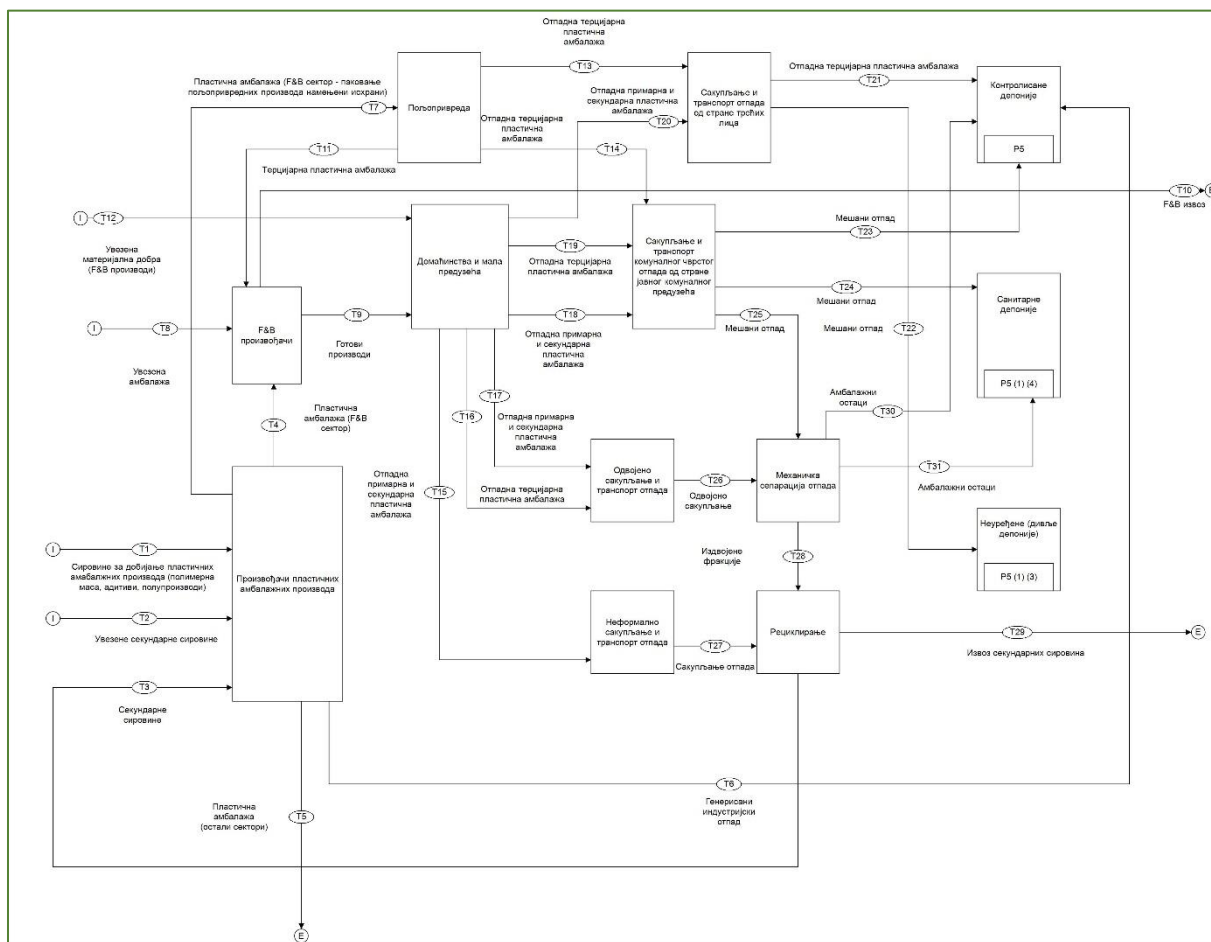
Ехпорт“ токови, фаза производње и прераде пластичне амбалаже, фаза потрошње пластичне амбалаже и фаза управљања амбалажним пластичним отпадом.

Табелом 5.4 су приказане различите фазе, процеси и токови који ће бити обухваћени анализом.

Табела 5.4 Фазе животног циклуса пластичне амбалаже од хране и пића за различите процесе и токове

Фаза животног циклуса пластичне амбалаже	Процеси и токови	
„Import“ токови	Увоз F&B производа	Количина увезених упакованих F&B производа
	Увоз F&B пластичне амбалаже	Количина увезене F&B пластичне амбалаже
	Базни производи за добијање полимерних (пластичних) маса	Количина сировина потребних за производњу пластичне амбалаже
Производња и обрада пластичне амбалаже од хране и пића	Произвођачи пластичних амбалажних производа	Количина пластичне амбалаже на тржишту
	F&B произвођачи	Количина FBPP усмерена ка потрошачима
	Пољопривреда	Количина FBPP усмерени ка F&B домаћим произвођачима
Потрошња пластичне амбалаже од хране и пића	Домаћинства и мала предузећа	Количина употребљених FBPP
Управљање амбалажним пластичним отпадом од хране и пића	Сакупљање FBPP отпада из пољопривреде	Количина пластичног отпада у пољопривреди
	Сакупљање комуналног чврстог отпада	Количина комуналног чврстог FBPP отпада
	Одвојено сакупљање отпада	Количина издвојеног FBPP отпада
	Неформално сакупљање отпада	Количина FBPP отпада сакупљеног од стране неформалних сакупљача
	Контролисане депоније	Количина FBPP отпада одложеног на контролисаним депонијама
	Санитарне депоније	Количина FBPP отпада одложеног на санитарним депонијама
	Механичка сепарација отпада	Количина FBPP отпада, који је преостао након извршене механичке сепарације
	Рециклирање отпада	Количина рециклираног FBPP
	Неуређене (дивље) депоније	Количина FBPP отпада одложеног на неуређеним (дивљим) депонијама
„Export“ токови	Извоз F&B производа	Количина извезених F&B производа
	Извоз секундарних сировина	Количина издвојених секундарних сировина

На слици 5.1 дат је илустративни приказ тока отпада пластичне амбалаже од хране и пића у Републици Србији.



Слика 5.2 Илустративна шема тока отпада пластичне амбалаже у Републици Србији

5.2.3. Дефинисање супстанци

Као и избор процеса и токова, такође и избор супстанци зависи од сврхе студије и од врсте система који ће се анализирати. Често законодавство предвиђа попис релевантних супстанци које морају бити део анализе (Bošković et. al, 2019).

Услед недостатка података, у овом раду ће бити анализиране само одређене врсте F&V пластичне амбалаже кроз дефинисање материјалних добра, а без дефинисања супстанци. Наиме, за пластичну амбалажу од хране и пића, која се састоји од више материјала, као што је на пример, тетрапак за млеко, подаци о токовима материјала нису доступни.

5.3. Одређивање токова и залиха материјала

Квантификација токова материјала кроз систем врши се на два нивоа. Први ниво представљају годишње количине токова пластичног амбалажног отпада од хране и пиће у Републици Србији, док се други ниво односи на годишње количине сваког полимера који има удео у пластичној амбалажи, која се користи у F&V сектору.

Обзиром да не постоји евиденција о количинама FBPP у Републици Србији, могуће је користити различите приступе за добијање потребних података за анализу, те ће дефинисани процеси бити анализирани према расположивим подацима. Подаци који нису доступни за Србију добиће се проценом и упоредном анализом са државама за које постоје подаци. Поред процена изведених током анализе токова материјала, проучиће се и доступни подаци из литературе.

Како је познато је да укупна производња амбалаже од пластичних маса у Републици Србији износи 116.252 тона, могуће је претпоставити да се више од 40% користи у сектору хране и пића. Процењено је да је у 2014. години, пољопривредни сектор захтевао 3,4% укупне произведене пластике у Европи (*Plastics Europe, 2015*). Сектор пољопривреде је веома разноврстан, те је веома тешко пронаћи податке о потрошеној пластичној амбалажи. Из тог разлога се усваја да се 1,25% укупне произведене пластичне амбалаже односи на сектор пољопривреде, док се 40% односи на сектор F&B.

Количина генерисаног отпада у процесу производње пластичних амбалажних производа је одређена на основу Годишњег извештаја заштите животне средине и износи нешто мање од 1.500 тона током једне године (*HIP, 2018*).

На основу података Агенције за заштиту животне средине, дефинисане су количине увоза и извоза секундарних сировина по врстама (*Ђорђевић et. al, 2019*). Претпоставља се да се целокупна количина увезених секундарних сировина од 15.365 тона, користи у процесу производње амбалажних пластичних производа. Обзиром да се зна да је у Србији током 2018. године рециклирано 29.820 тона пластичног отпада (*СЕПА, 2018*), усвојено је да 70% припада сектору хране и пића, док се извози 6.356 тона пластичних секундарних сировина. Даљим рачуном може се одредити оквирна количина сировина за добијање пластичних амбалажних производа (полимерна маса, адитиви, полупроизводи).

Уколико вредност увоза прелази вредност извезених добара и услуга, настаје трговински дефицит, док суфицит настаје у супротном случају. Република Србија дужи низ година остварује дефицит спољнотрговинске размене са иностранством. За разлику од осталих, сектор пољопривредно-прехрамбених производа у структури укупне спољне трговине остварује позитиван салдо, што утиче на смањење укупног дефицита у трговинском билансу (*Marković, 2016*). Табелом 5.5 приказани су најзначајнији увозни, односно извозни производи у 2018. години у сектору хране и пића.

Табела 5.5 Основни извозни и увозни производи у 2018. години (RAS, 2019)

Основни извозни производи	милиона €	Основни увозни производи	милиона €
Смрзнуте малине, купине и рибизле	220,2	Остали ппрехрамбени производи	82,3
Кукуруз, осим семена	196,5	Свињско месо, смрзнуто	60,0
Свеже јабуке	85,1	Непечена кафа	54,5
Остало воће	82,7	Банана, свежа или сува	42,9
Прехрамбени производи за животиње	60,8	Прехрамбени производи за животиње	25,5
Безалкохолна пића, осим воћних сокова	58,6		
Семенке од сунцокрета	56,1		
Сунцокретоу уље	54,0		

Наиме, суфицит је остварен највише захваљујући извозу прехранбених производа (пре свега воћа). Удео хране и сирових материја у увозу је релативно мали у односу на остале секторе, а међу њима најзначајнији је увоз тропског воћа и кафе (ПБК, 2017). Међутим, овај податак не значи да Србија остварује и суфицит када је у питању количина производа из сектора хране и пића, који се крећу у спољнотрговинској размени а који су упаковани у пластичну амбалажу.

Како су подаци о извозу, односно извозу производа из сектора хране и пића изражени само у новчаној вредности (милиони €), што се може и уочити на основу табеле 5.5, потребно је проценити и количину F&B производа упакованих у пластичну амбалажу, а изражену у једини масе (тоне), која је потребна за формирање MFA модела. У ту сврху коришћена је корелација, која представља међусобну повезаност између различитих појава представљених вредностима двеју или више варијабли. За овај рад, као варијабле су коришћене количина F&B производа упакованих у пластичну амбалажу и број становника у Републици Црној Гори, односно Републици Србији. Наведени параметри за Црну Гору су дефинисани у извештају „Estimation of the quantities and types of food and beverage plastic packaging being placed on the market and in the waste flow in Montenegro“ (Bošković et. al, 2019). Посредством пропорционалног рачуна, долази се до вредности од 15.800 тона извезених F&B производа упакованих у пластичну амбалажу из Србије. На исти начин је одређена и количина увезених F&B производа, која износи 95.000 тона.

Количину F&B производа упакованих у пластичну амбалажу (FBPPP), која се дистрибуира ка домаћинствима и малим предузећима могуће је израчунати помоћу математичке релације 5.1:

$$FBPPP = \frac{F\&B V_{DIN} + F\&B M_{DIN} + F\&B E_{DIN} - F\&B I_{DIN}}{F\&B C_{DIN}} \cdot FBPPC \% \quad (5.1)$$

FBPPP се одређује коришћењем доступних података о спољнотрговинском промету F&B производа у Републици Србији, где $F\&B V_{DIN}$ означава новчану вредност veleprodaje F&B производа, $F\&B M_{DIN}$ новчану вредност малопродаје F&B производа, док $F\&B E_{DIN}$ и $F\&B I_{DIN}$ означавају новчану вредност извезених и увезених F&B производа, респективно. Сви наведени параметри су познати на основу Извештаја о спољнотрговинском робном промету (P33C, 2019). Осим тога, за израчунавање FBPPP је потребан и податак о јединичним ценама F&B производа ($F\&B C_{DIN}$), који се одређује на основу просечне потрошње домаћинства за F&B производе ($F\&B_{POT}$) и процента пластичне амбалаже у укупној нето маси F&B производа од пластике (FBPPC). За FBPPC се усваја вредност од 3,5% (Garcia, 2014).

Просечна потрошња домаћинства за F&B производе ($F\&B_{POT}$) дефинисана је једначином 5.2:

$$F\&B_{POT} \left(\frac{DIN}{MESEČNO} \right) = PLATA_{AVE} \left(\frac{DIN}{MESEČNO} \right) \cdot F\&B_{PROC} (\%) \quad (5.2)$$

Према подацима Републичког завода за статистику, у Републици Србији просечна нето плата износила је 49.643 динара, док просечан српски грађанин 34,5% својих месечних примања издваја на храну и пиће - $F\&B_{PROC}$ (P33C, 2018). Једначином 5.2 долази се до закључка да просечно 17.126,691 динара сваки становник РС одваја за куповину F&B производа на месечном нивоу.

Делилац у једначини 5.1, односно параметар $F\&B C_{DIN}$ се одређује посредством једначине 5.3:

$$F\&B C_{DIN} = \frac{F\&B_{POT}}{N} = \frac{17.126,691}{100} \approx 171 DIN \quad (5.3)$$

У једначини 5.3 параметар N означава број F&B производа у просечној потрошачкој корпи. За ову студију случаја за овај број усвојена је вредност 100.

На основу раније наведених исказа, једначином 5.1 долази се до коначне количине F&B производа упакованих у пластичну амбалажу (FBPPP) која износи око 150.000 тона.

У сврху креирања адекватног MFA модела, у овом раду генерисани отпад ће се сакупљати и транспортовати на четири начина:

- ❖ сакупљање и транспорт отпада од стране трећих лица,
- ❖ сакупљање и транспорт отпада од стране јавних комуналних предузећа,
- ❖ одвојено сакупљање и транспорт отпада,
- ❖ неформално сакупљање отпада.

Што се тиче пластичног амбалажног отпада из сектора пољопривреде, усвојиће се подаци који су доступни за Републику Црну Гору. На основу званичних података 1,7% генерисаног отпада у сектору пољопривреде се односи на сакупљање и транспорт отпада од стране трећих лица, док се 1,3% генерисаног пластичног амбалажног отпада прикупља од стране јавних комуналних предузећа (*МОНСТАТ, 2018*).

Од укупно генерисане и сакупљене количине F&B пластичног амбалажног отпада, око 1,4% се одмах прикупља од стране неформалних сакупљача, а 1,27 % се сортирају и одвојено скупљају у поступку механичког одвајања (*MSDT, 2015*).

Количине генерисаног пластичног амбалажног отпада који се одлаже на санитарне, контролисане или дивље депоније, усвојене су према подацима о просечном обухвату прикупљања чврстог комуналног отпада. Према томе, 87,2% F&B пластичног амбалажног отпада се одлаже на санитарне и контролисане депоније, док се око 12,8% одлаже на неуређена сметлишта. Претпоставља се да се нешто мање од 60% F&B пластичног амбалажног отпада прикупљеног од стране јавних комуналних предузећа одлаже на контролисане депоније, док се преостала количина одлаже на санитарне депоније (део отпада се помоћу секундарне сепарације издваја и шаље овлашћеним рециклерима). Битно је напоменути да процес механичке сепарације отпада представља механичку припрему неопасног отпада за транспорт (пресовање, балирање, сецање и друго), али да се током таквог процеса припрема јављају амбалажни остаци, које је неопходно трајно одложити. Највећи део амбалажних остатака се одлаже на контролисане депоније.

Стопа рециклирања пластичног амбалажног отпада у Републици Србији је 2016. године износила 20,3% (*ПКС, 2019*). Међутим, стопа рециклирања F&B пластичног амбалажног отпада је далеко нижа. Наиме, за анализирану студију случаја постоји проблем везан са рециклажом након фазе употребе производа, зато што су производи након фазе коришћења оштећени остацима хране што отежава процес рециклаже. За анализирани MF модел, усвојиће се стопа рециклаже од око 10%.

Помоћу претходних констатација, усвојени су трансфер коефицијенти за MFA модел.

Као што је већ речено, F&B пластична амбалажа се производи од различитих врста полимера и то: PET, HDPE, PVC, LDPE, PP, PS, EPS, али и осталих полимерних материјала. Сматра се да ових осам група полимера чине 99% укупно коришћене F&B пластичне амбалаже у Европи.

Према истраживању, које је спровео WRAP, 40,3% сакупљеног пластичног амбалажног отпада је чинила PET амбалажа, HDPE је имао удео од 21,6%, док је PP амбалажа имала удео од 10,2%. Остале врсте полимера су представљале значајно мања учешћа у укупно сакупљеној пластичној амбалажи: PVC - 0,1%, EPS - 0,4% и PS - 1,5% (*WRAP, 2018*).

Комбинујући наведене податке помоћу ANN-а, добијени су подаци за подручје Балкана о уделима различитих полимера у укупној количини генерисаног комуналног отпада, али и у укупној генерисаној количини F&B пластичног амбалажног отпада, што је и приказано табелом 5.6

Табела 5.6 Удео различитих врста полимера у укупној количини отпада (Bošković et.al, 2019)

Врста полимера	Удео у укупној генерисаној количини комуналног отпада [%]	Удео у укупној генерисаној количини F&B пластичног амбалажног отпада [%]
PET	3,27	35,00
HDPE	1,73	18,50
PVC	0,01	0,10
LDPE	1,24	13,30
PP	1,69	18,10
PS	0,04	0,40
EPS	0,004	0,04
Остали полимерни материјали	1,36	14,16
Укупно	9,35	≈100

Подаци из табеле 5.6 су коришћени при дефинисању MFA модела за различите врсте полимера.

5.4. Шематски приказ и интерпретација резултата

5.4.1. MFA резултати (F&B пластични амбалажни отпад)

На основу анализе која је спроведена у софтверу STAN, количина увезене амбалаже процењује се на око 117.000 тона годишње, док је за количину сировина потребних за производњу пластичних амбалажних производа усвојена вредност од 87.800 тона.

Спровођењем MF анализе, дошло се до података да око 40% од укупне произведене пластичне амбалаже иде ка F&B сектору, тачније око 47.000 тона. На годишњем нивоу се око 1.495 тона пластичне амбалаже пошаље ка пољопривредном сектору. Овај податак се односи на пластичну амбалажу, која је потребна за паковање пољопривредних производа и која се касније поново дистрибуира ка F&B произвођачима, прецизније 1.450 тона.

Помоћу математичких релација 5.1-5.3, дошло се до информације да се чак око 150.000 тона F&B пластичне амбалаже дистрибуира ка домаћинствима и малим предузећима.

Друга фаза модела формираног у STAN софтверу, укључује потрошњу F&B пластичне амбалаже у такозваном процесу - домаћинства и мала предузећа. Из овог процеса настаје примарна и секундарна, односно терцијарна пластична амбалажа. Количина отпадне терцијарне F&B пластичне амбалаже, која се прикупља од стране јавних комуналних предузећа износи 68.600 тона годишње, док примарна и секундарна F&B пластична амбалажа износе чак 142.100 тона. Од укупне количине потрошне F&B пластичне амбалаже, око 26.950 тона годишње сакупља се и транспортује од стране трећих лица. Ова врста F&B пластичне амбалаже свој животни циклус заврши одлагањем или на контролисаној или на неуређеној депонији. Из процеса домаћинства и малих предузећа

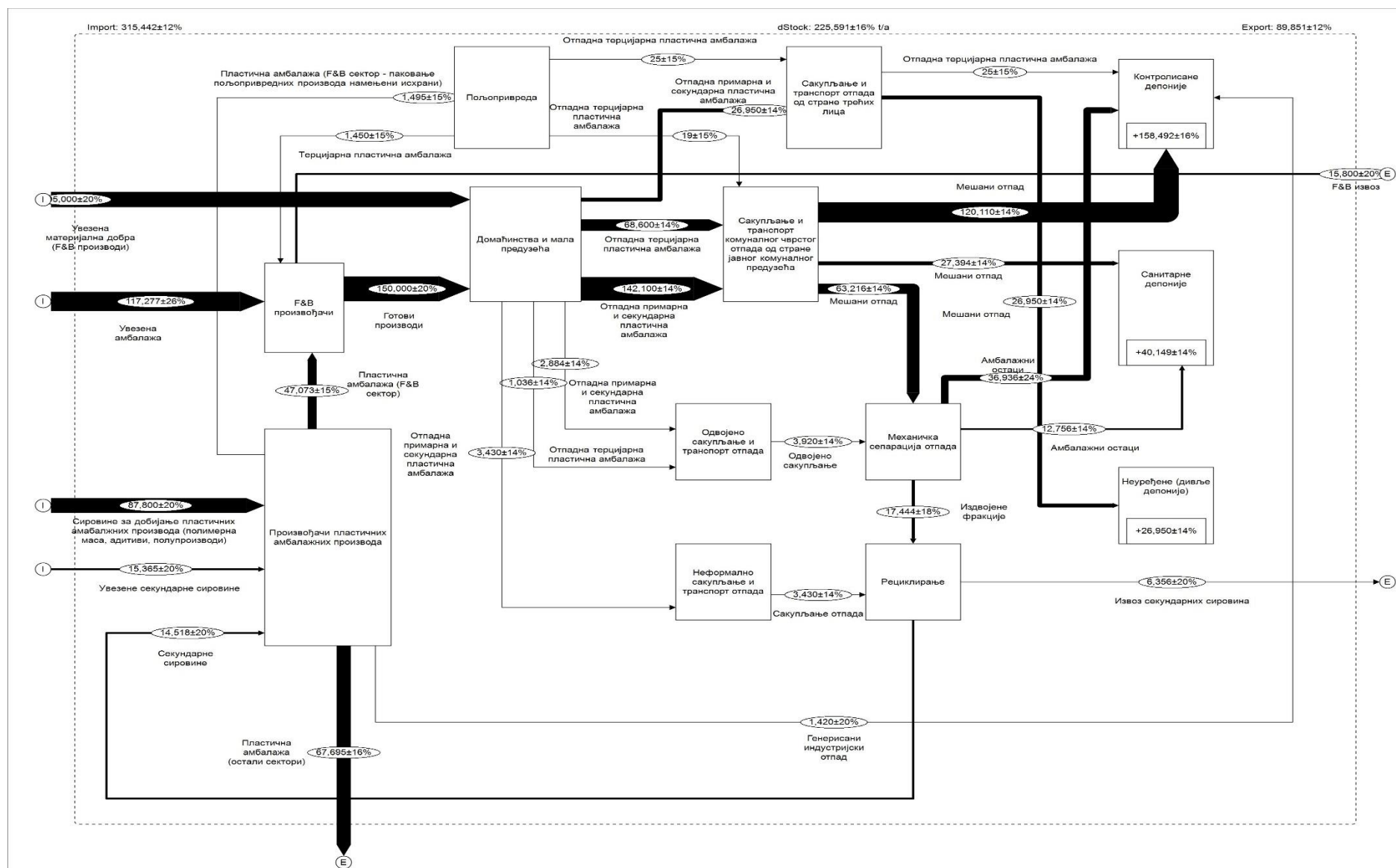
око 2.884 тона примарне и секундарне F&B пластичне амбалаже се одвојено сакупља и транспортује, а након тога прелази у процес механичке сепарације отпада. С друге стране, 3.430 тона примарне и секундарне F&B пластичне амбалаже тона се сакупља на неформалан начин, а затим прелази у процес рециклирања. Мала количина терцијарне амбалаже (1.036 тона годишње) прелази из процеса домаћинства и мала предузећа у процес одвојеног сакупљања и транспорта, а након тога у процес механичке сепарације.

У трећој фази MFA модела, око 120.110 тона мешаног F&B пластични амбалажни отпада се транспортује и одлаже на контролисаним депонијама, 27.394 тона на санитарним депонијама, док се око 63.000 тона отпада подвргава механичкој сепарацији.

Из процеса рециклирања, 6.356 тона годишње секундарних сировина се извози на даљу прераду и коришћење у производним процесима исте или друге намене, док се претпоставља да се преостала количина секундарних сировина од 14.500 тона користи у домаћој производњи пластичних амбалажних производа.

Сprovedени MFA модел се може сматрати као репрезентативан ток F&B пластичног амбалажног отпада на територији Републике Србије.

Шема тока отпада F&B пластичне амбалаже у Републици Србији је приказана на слици 5.3.



Слика 5.3 Шема тока отпада F&B пластичне амбалаже у Републици Србији (софтвер STAN)

У овом раду су анализирани токови полимера PET (полиетилен терефталат) у укупној количини пластичног амбалажног отпада из F&B сектора. У обзир је узет удео полимера PET-а у укупној количини F&B пластичног амбалажног отпада, тачније 35%.

Према врсти, сматра се да је PET најзаступљенија врста полимера која се користи за производњу амбалаже за паковање и транспорт хране и пића, као што су на пример: пластичне флаше или пак, амбалажа за готова јела.

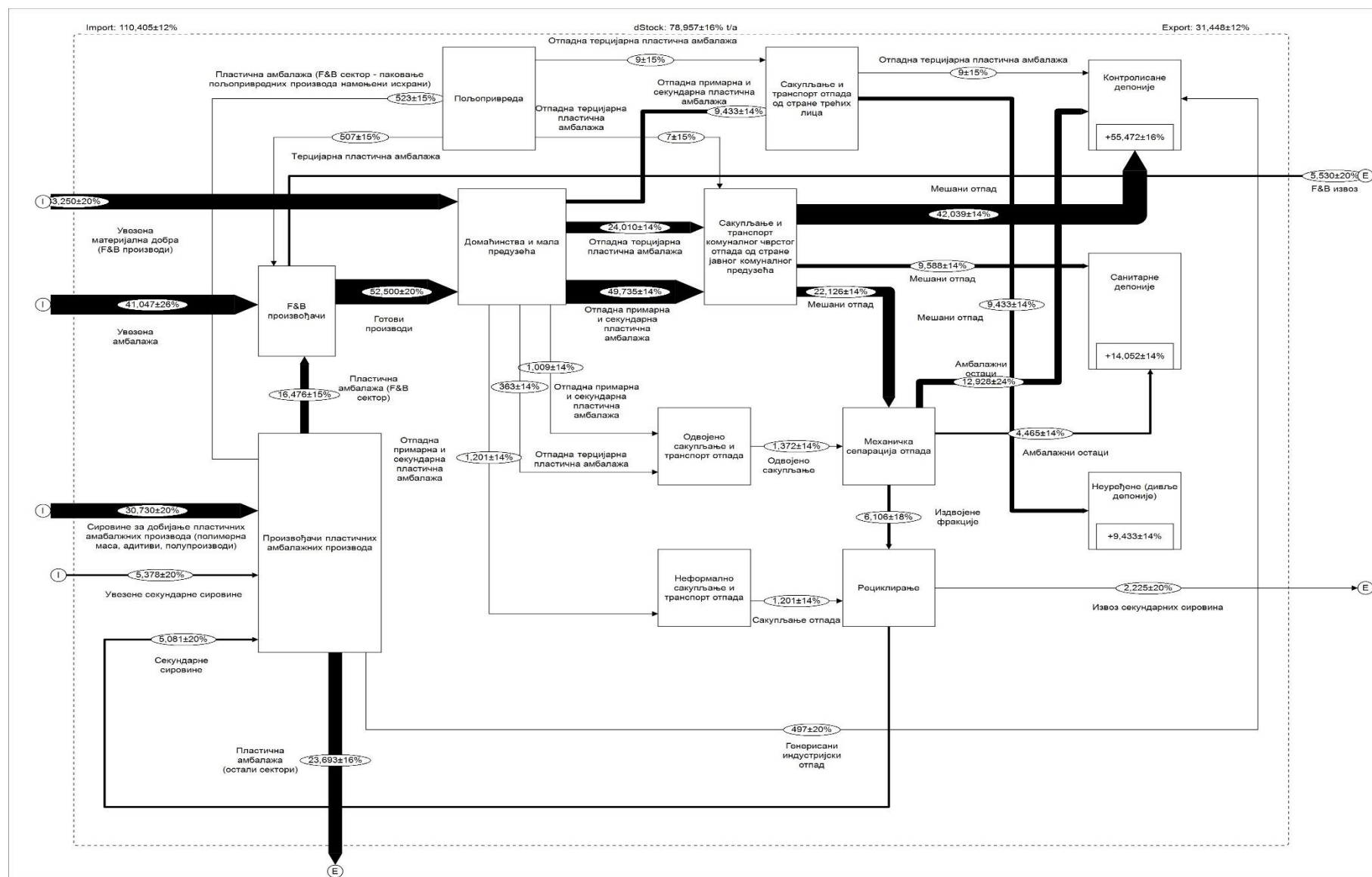
На основу укупне количине генерисаног комуналног отпада на територији Републике Србије и удела PET-а у укупној количини генерисаног отпада, долази се до податка да се на годишњем нивоу генерише око 72.921 тона PET-а.

На тржиште Србије, у току 2018. године, пласирало $110.405 \pm 12\%$ тона PET-а кроз F&B сектор, а да је 78.957 тона PET-а свој животни циклус завршило у форми отпада. Наведени износ представља значајну количину узимајући у обзир потребне количине пластике, које се у примарном облику користе у производном F&B процесу.

Како просечан обухват прикупљања чврстог комуналног отпада износи 87,2%, MF анализом су процењене вредности PET-а, које се трајно одлажу. Највећи део PET-а свој животни циклус заврши на контролисаним депонијама, односно 55.472 тона на годишњем нивоу, затим на санитарне депоније се одложи око 14.052 тона, док се на неуређеним (дивљим) депонијама одложи око 9.433 тона PET-а.

Према тренутном систему управљања отпадом, само мали удео – 6,7% PET-а се рециклира, тачније 7.307 тона годишње.

Шема тока отпада PET пластичне амбалаже из F&B сектора у Републици Србији је приказана на слици 5.5, док је на слици 5.6 приказана шема која је одрађена у софтверу SankeyFlowShow.



Слика 5.5 Шема тока отпада PET пластичне амбалаже из F&B сектора у Републици Србији (софтвер STAN)

HDPE (полиетилен високе густине) је друга најзаступљенија врста полимера, која се користи за производњу пластичне амбалаже, а која је намењена сектору хране и пића. Приликом креирања MFA модела, у обзир је узет удео од 18,5% HDPE-а у укупној количини F&B пластичног амбалажног отпада.

У анализираном сектору, HDPE се углавном користи за производњу амбалаже за паковање и транспорт хране и пића, као што су пластичне чаше, флаше или шоље за једнократну употребу.

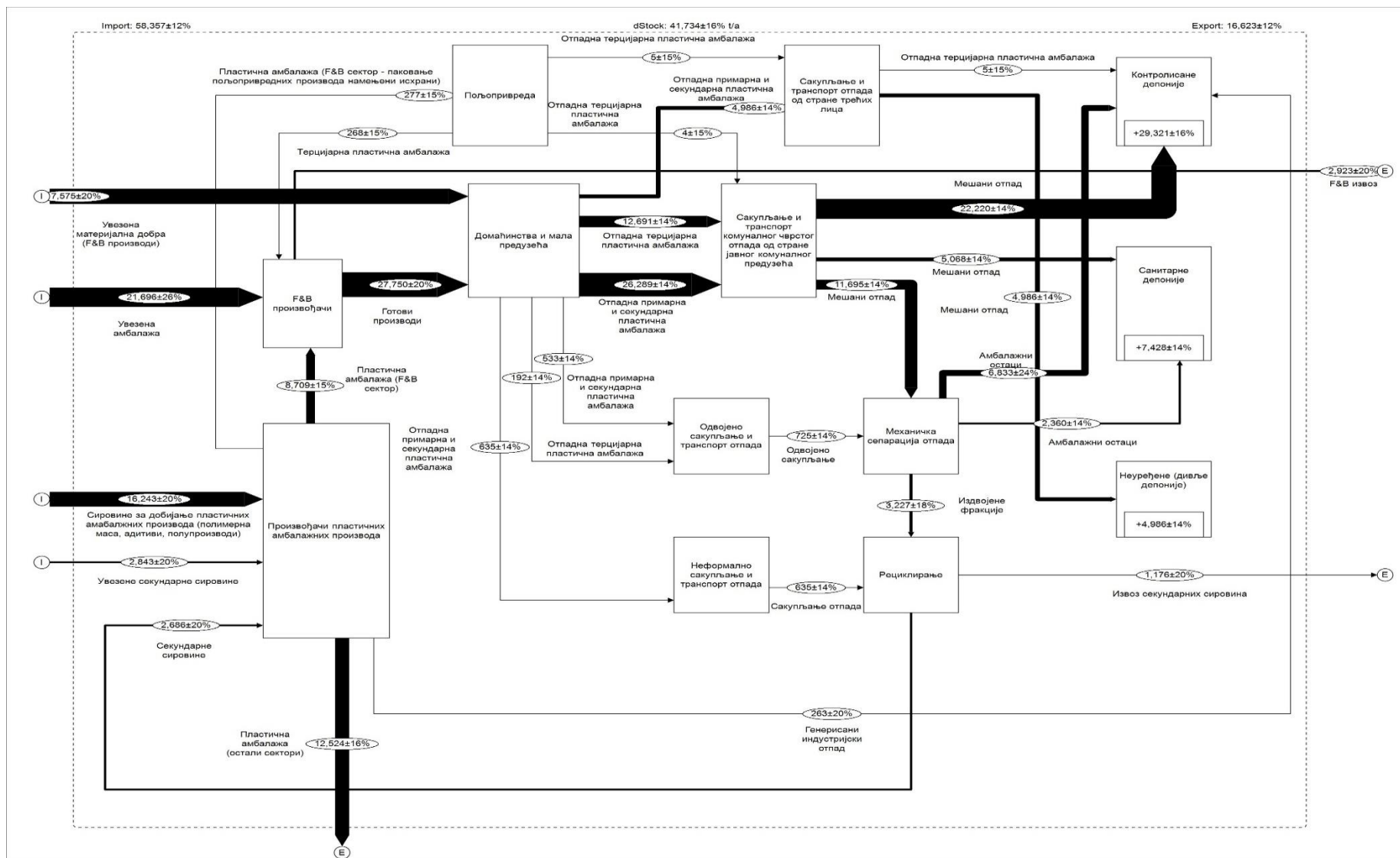
Према подацима Агенције за заштиту животне средине о укупној количини генерисаног комуналног отпада на територији Републике Србије током 2018. године и процентуалном уделу HDPE-а у укупној количини генерисаног отпада, долази се до податка да се на годишњем нивоу генерише око 38.579 тона истог. Ова вредност је знатно нижа од вредности, која је процењена помоћу STAN софтвера.

Процењује се да је, у току 2018. године, на тржиште Србије пласирало око $58.357 \pm 12\%$ тона HDPE-а кроз F&B сектор.

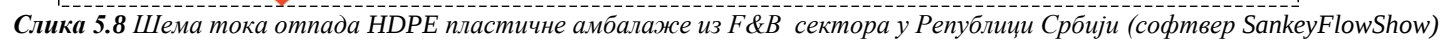
Такође, MF анализом су процењене и вредности HDPE-а, које се трајно одлажу на српске депоније. Као и у претходном случају, највећи део анализираног полимера, тачније HDPE-а свој животни циклус заврши на контролисаним депонијама, односно 29.321 тона на годишњем нивоу, затим на санитарне депоније се одложи око 7.428 тона, док се на неуређеним (дивљим) депонијама одложи око 4.986 тона HDPE-а.

Након симулације токова пластичног амбалажног отпада од хране и пића у Републици Србији у софтверу, закључено је да се само мали удео HDPE-а рециклира, тачније $3.862 \pm 16\%$ тона на годишњем нивоу.

Ток отпада HDPE пластичне амбалаже из F&B сектора у Републици Србији је приказан на слици 5.7. Слика 5.8 приказује шему која је одрађена у софтверу SankeyFlowShow.



Слика 5.7 Шема тока отпада HDPE пластичне амбалаже из F&B сектора у Републици Србији (софтвер STAN)



Наредна анализирана врста полимера јесте PVC (поливинил хлорид), чији је примарни елемент хлор. PVC се сматра уобичајеном врстом пластике која је биолошки и хемијски отпорна. Ове две карактеристике омогућавају PVC амбалажи да одржавају интегритет производа који се налазе унутра. Током израде MFA модела, усвојен је удео PVC-а у укупној количини F&B пластичног амбалажног отпада од 0,1%, што представља изузетно малу вредност. Наиме, ова вредност показује да се PVC чешће користи за производњу пластичне амбалаже, али не у F&B, већ у неким другим секторима.

Обзиром да је позната укупна количине генерисаног комуналног отпада на територији Републике Србије, као и удео PVC-а у укупној количини генерисаног отпада од 0,01%, закључује се да се на годишњем нивоу у Србији генерисало око 223 тона PVC-а током 2018. године. Како је MFA одрађена за исту годину, процењује се да се исте године на тржиште Србије пласирало око $315 \pm 12\%$ тона PVC -а кроз F&B сектор, а 225 ± 16 тона је одложено на депоније.

Количине PVC-а које су трајно одложене на српске депоније су процењене помоћу MF анализе у софтверу STAN. Наиме, као и у претходним сценаријима, највећи део PVC амбалаже свој животно циклус заврши на контролисаним депонијама, односно $156 \pm 16\%$ тона на годишњем нивоу. На санитарне депоније и дивље депоније се одложи око $40 \pm 14\%$ тона и $27 \pm 14\%$ тона PVC-а, респективно.

На основу тренутно испитаног система управљања отпадом, процењује се да се изузетно мали проценат PVC-а рециклира, тачније 21 тона на годишњем нивоу.

Шеме токова отпада PVC пластичне амбалаже из F&B сектора у Републици Србији су приказане на слици 5.9 и слици 5.10.

.



LDPE (полиетилен ниске густине) полимер јесте четврти најзаступљенији полимер у пластичној амбалажи, која се користи у сектору хране и пића, одмах након PET-а, HDPE-а и PP-а. Ова врста полимера се углавном користи при производњи кеса за паковање намирница, као што су кесе за смрзнуту или свежу храну, али и при производњи различитих врста фолија. Такође, LDPE је могуће користити и при производњи круте пластичне амбалаже, као што су боце за различите врсте намаза.

У циљу спровођења анализе токова F&B пластичног амбалажног отпада, у овом раду је усвојен удео од 13,3% LDPE-а у укупној количини F&B пластичног амбалажног отпада.

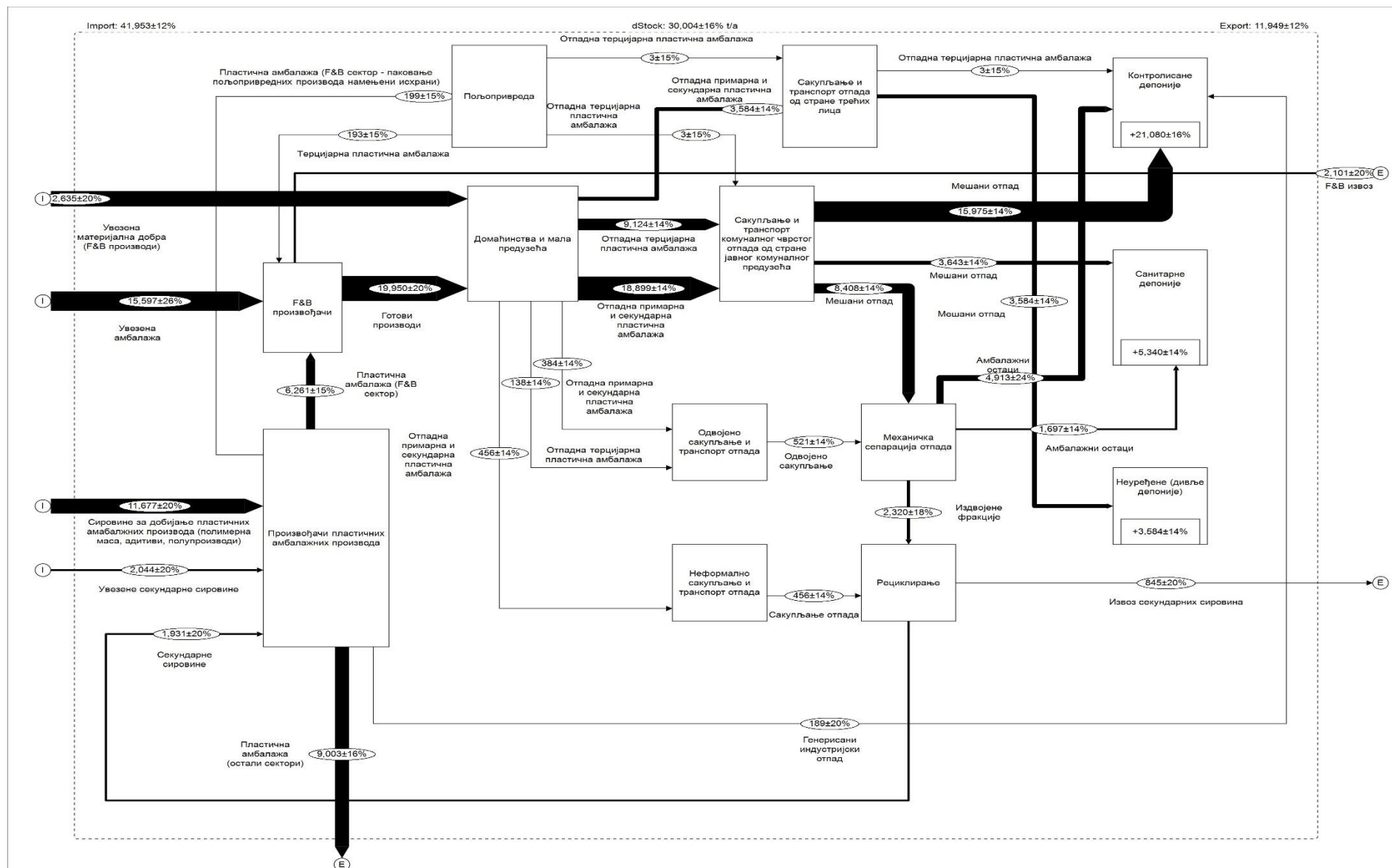
На основу укупне количине генерисаног комуналног отпада на територији Републике Србије од 2,23 милиона и удео LDPE-а у укупној количини генерисаног отпада од 1,24%, долази се до податка да се на годишњем нивоу генерише око 27.652 тона LDPE-а.

На основу слике 5.11, која приказује резултате MF анализе, може се уочити да се на српском тржишту пласирало око $41.953 \pm 12\%$ тона LDPE-а кроз F&B сектор. Дефинисани систем у MF моделу пружа податке о томе да се 30.004 тона LDPE-а из F&B сектора одложило на српске депоније, док је 11.949 тона LDPE-а из F&B сектора напустило систем (кроз извоз секундарних сировина или пак кроз токове производње пластичне амбалаже за остале секторе).

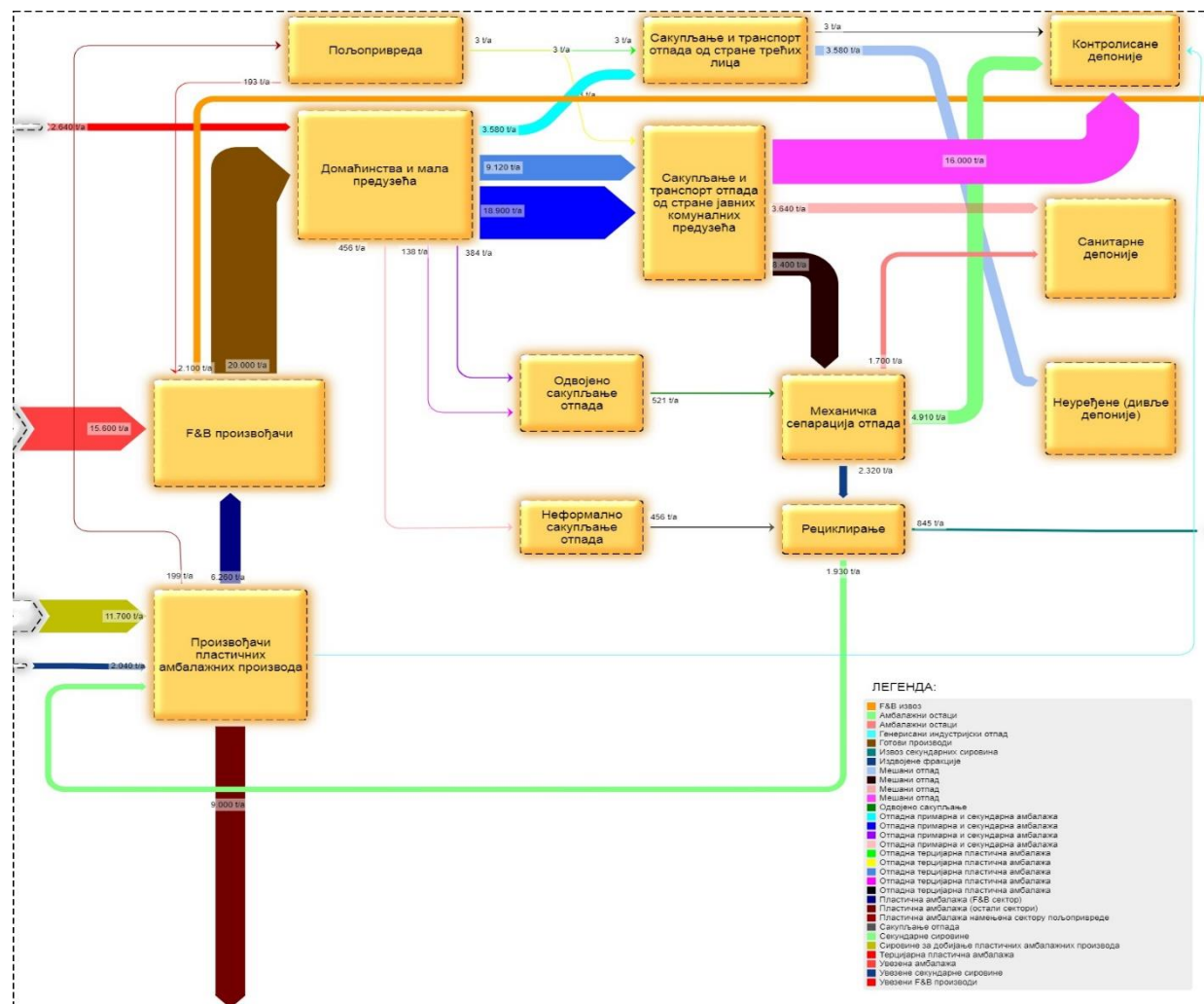
Обзиром да дефинисани просечан обухват прикупљања чврстог комуналног отпада у Републици Србији износи 87,2%, MF анализом су процењене вредности LDPE-а, које се трајно одлажу. Стога, највећи удео LDPE-а се одлаже на контролисаним депонијама, прецизније 21.080 тона на годишњем нивоу, док се на санитарним депонијама одлаже око 5.340 тона, а на неуређеним (дивљим) депонијама се одложи око 3.584 тона LDPE-а.

Помоћу слике 5.11 закључује се да се на годишњем нивоу рециклира 2.766 тона LDPE-а из F&B сектора. Изражено у процентима та вредност износи око 7%.

На слици 5.12 приказана је шема тока отпада LDPE пластичне амбалаже из F&B сектора у Републици Србији која је одрађена у софтверу SankeyFlowShow.



Слика 5.11 Шема тока отпада LDPE пластичне амбалаже из F&B сектора у Републици Србији (софтвер STAN)



Слика 5.12 Шема тока отпада LDPE пластичне амбалаже из F&B сектора у Републици Србији (софтвер SankeyFlowShow)

Трећи најзаступљенији полимер у сектору хране и пића јесте PP (полипропилен), чија је анализа токова извршена у овом раду.

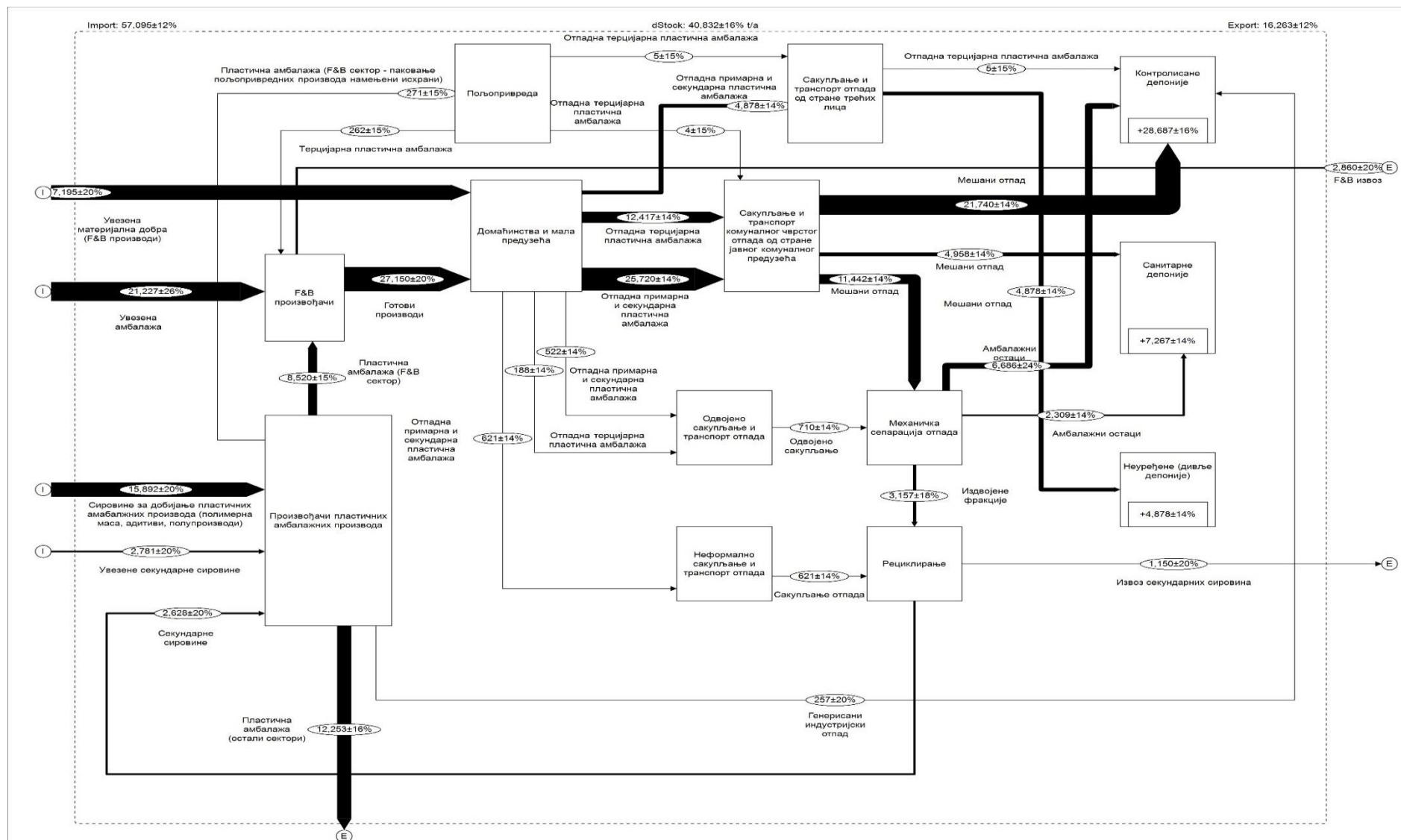
У укупној количини пластичног амбалажног отпада из сектора хране и пића, PP има учешће од 18,1%.

Сматра се да се PP користи за производњу амбалаже за паковање и транспорт хране и пића. PP има високу тачку топљења, што га чини посебно погодним за амбалажу производа који се користе у микроталасним пећницама. Изузев тога, PP се користи при производњи чаше за јогурт / павлаку, кутије за сладолед, итд.

Према последњем доступном извештају о управљању отпадом у Републици Србији за период од 2011. до 2018. године који је објавила Агенција за заштиту животне средине, укупна количине генерисаног комуналног отпада износи 2,23 милиона. За анализу извршену у овом раду, усвојен је удео PP-а у укупној количини генерисаног отпада од 1,69%, што доводи до податка да се на годишњем нивоу генерише око 37.687 тона PP-а у Србији.

Процењено је да се 2018. године на тржиште Србије пласирало око $57.095 \pm 12\%$ тона PP-а кроз F&B сектор. Одрађена анализа за дефинисани систем у MF моделу пружа податке о томе да се 40.832 тона PP-а из F&B сектора одложило на српске контролисане, санитарне и дивље депоније. Као излазни токови PP-а из система, дефинисани су ток извоза секундарних сировина и ток производње пластичне амбалаже за остале секторе, а њихова укупна вредност је око 16.263 тона на годишњем нивоу.

Шема тока отпада PP пластичне амбалаже из F&B сектора у Републици Србији је приказана на слици 5.13, док је на слици 5.14 приказана шема која је одрађена у софтверу SankeyFlowShow. На основу наведених шема, лако се долази до закључка да се током 2018. године, рециклирао свега 3.219 тона PP-а.



Слика 5.13 Шема тока отпада РР пластичне амбалаже из F&B сектора у Републици Србији (софтвер STAN)

Као и све остале врсте полимера од којих је произведена F&B пластична амбалажа, токови PS (полистирен) амбалажног отпада из F&B сектора су анализирани. Анализа је спроведена узимајући у обзир удео од 0,4% PS-а у укупној количини F&B пластичног амбалажног отпада. У анализираном сектору, PS се најчешће користи за производњу тврде амбалаже, као што су посуде за печење, виљушке, кашике, ножеви, сламчице, итд.

Сходно укупној количини генерисаног комуналног отпада на територији Републике Србије од 2,23 милиона и удео PS-а у укупној количини генерисаног отпада од 0,04%, долази се до податка да се на годишњем нивоу генерише око 892 тона PS-а.

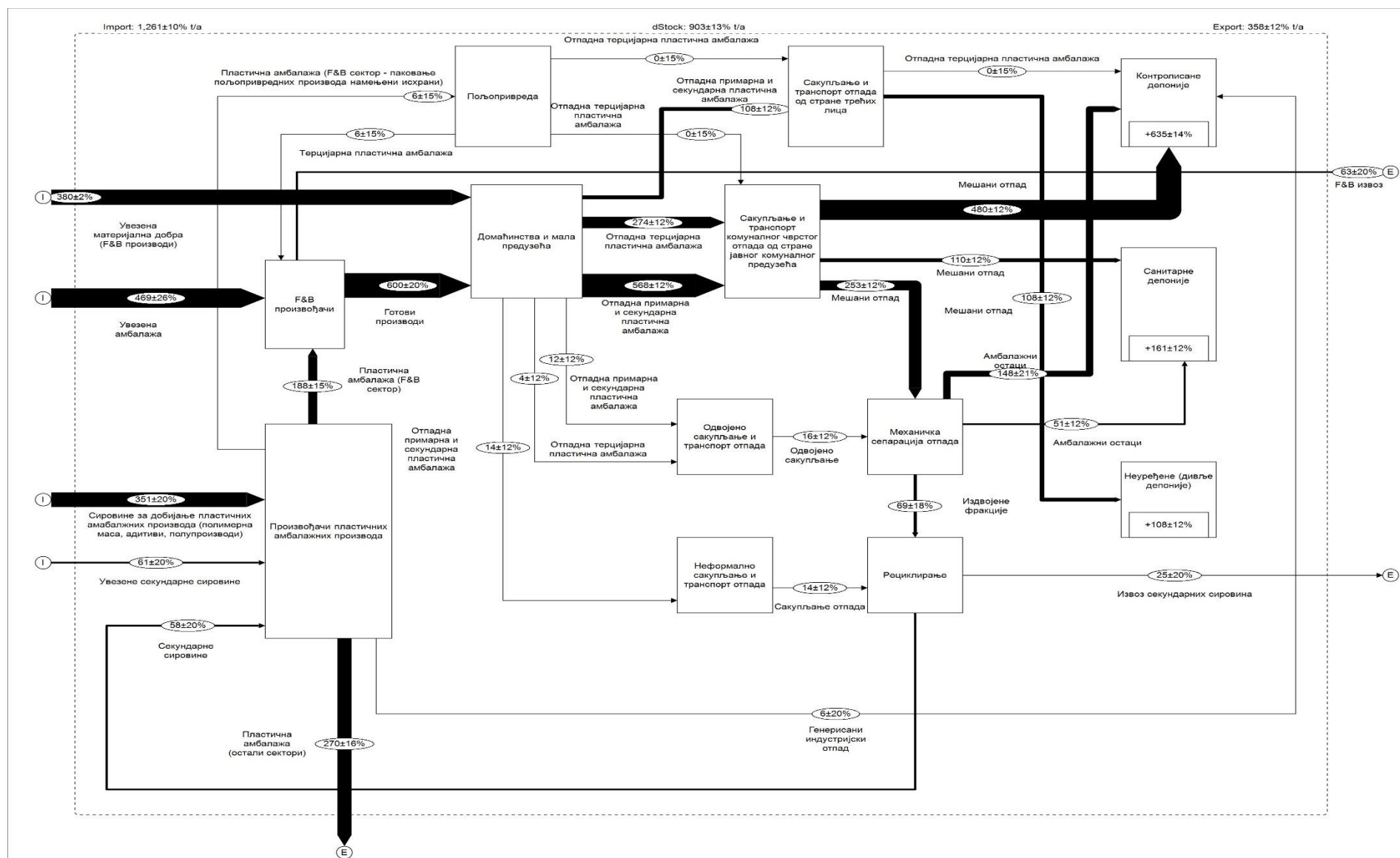
У 2018. години, на тржиште Србије пласирано је $1.216 \pm 12\%$ тона PS-а кроз F&B сектор.

Помоћу шема приказаних на сликама 5.15 и 5.16, које представљају интерпретацију резултата одрађене анализе токова PS амбалажног отпада из сектора хране и пића, могуће је закључити да се 903 тона PS-а из F&B сектора одложило на српске депоније, док је 358 тона PS-а из F&B сектора напустило систем кроз дефинисане излазне токове.

Према последњем доступном извештају о управљању отпадом у Републици Србији за период од 2011. до 2018. године који је објавила Агенција за заштиту животне средине, просечан обухват прикупљања чврстог комуналног отпада износи 87,2%. Посредством овог податка и евалуацијом дефинисаног система у софтверу STAN, процењене су вредности PS-а, које се трајно одлажу на контролисаним, санитарним и неуређеним депонијама на годишњем нивоу. Добијене вредности су следеће 635 тона, 161 тона, 108 тона PS-а на годишњем нивоу, респективно

Као и за остале врсте полимера, и код PS отпадне амбалаже је процењена веома мала количина која се рециклира.

Шема тока отпада PS пластичне амбалаже из F&B сектора у Републици Србији је приказана на слици 5.15, док је на слици 5.16 приказана шема која је одрађена у софтверу SankeyFlowShow.



Слика 5.15 Шема тока отпада PS пластичне амбалаже из F&B сектора у Републици Србији (софтвер STAN)

Приликом анализе токова пластичног амбалажног отпада од хране и пића у Републици Србији током 2018. године, спроведена је и анализа токова полимера EPS (експандирани полистирен). Анализа је извршена узимајући у обзир процентуални удео од 0,04% EPS - а у укупној количини F&B пластичног амбалажног отпада.

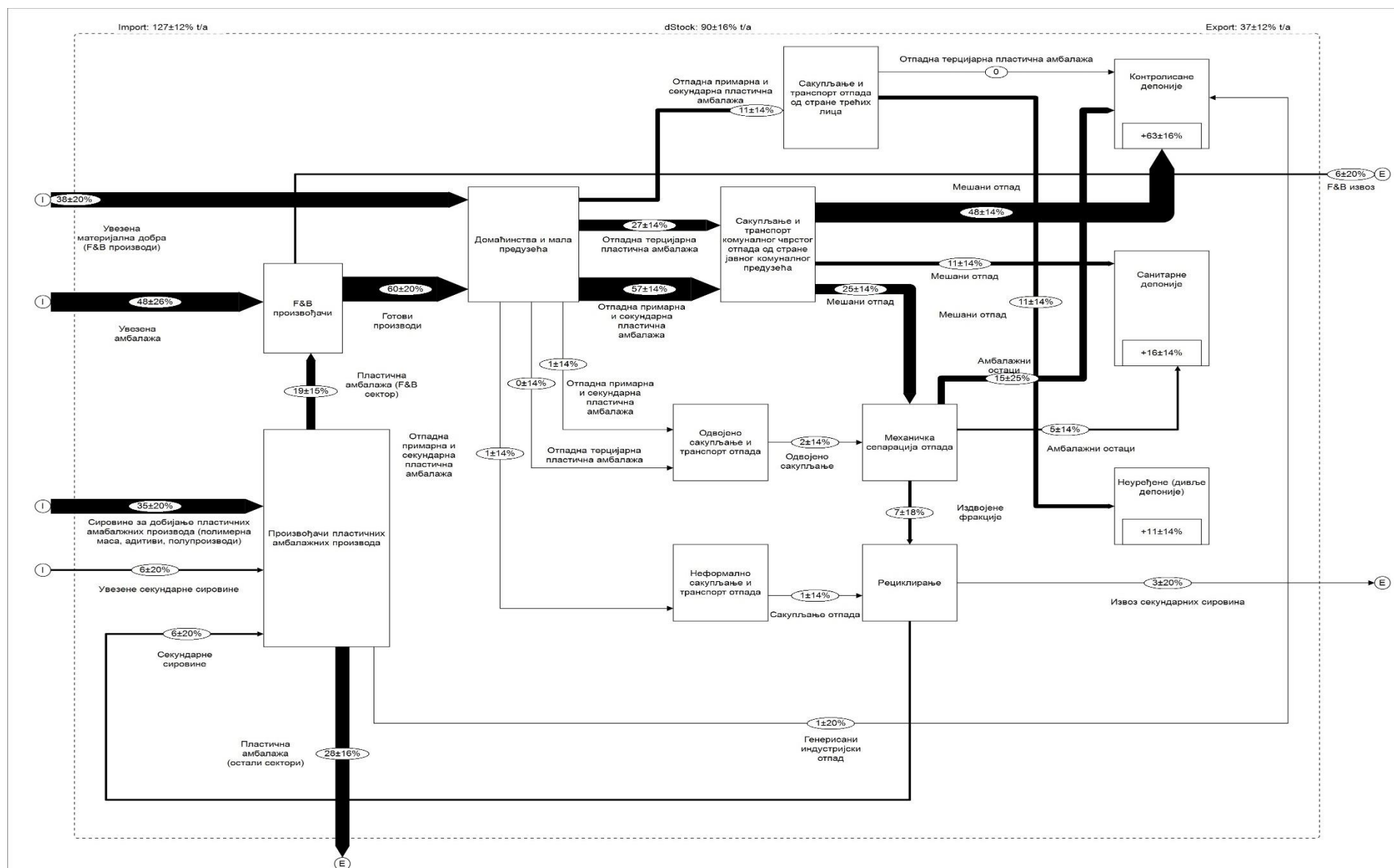
EPS у сектору хране и пића највећу примену има за производњу кутија за транспорт хране од полистиренске пене, итд

У Републици Србији се на годишњем нивоу генерише око 89,2 тона EPS-а. Овај податак је одређен познајући укупну количину генерисаног комуналног отпада на територији Републике Србије и удео EPS-а у укупној количини генерисаног отпада, који износи 0,004%.

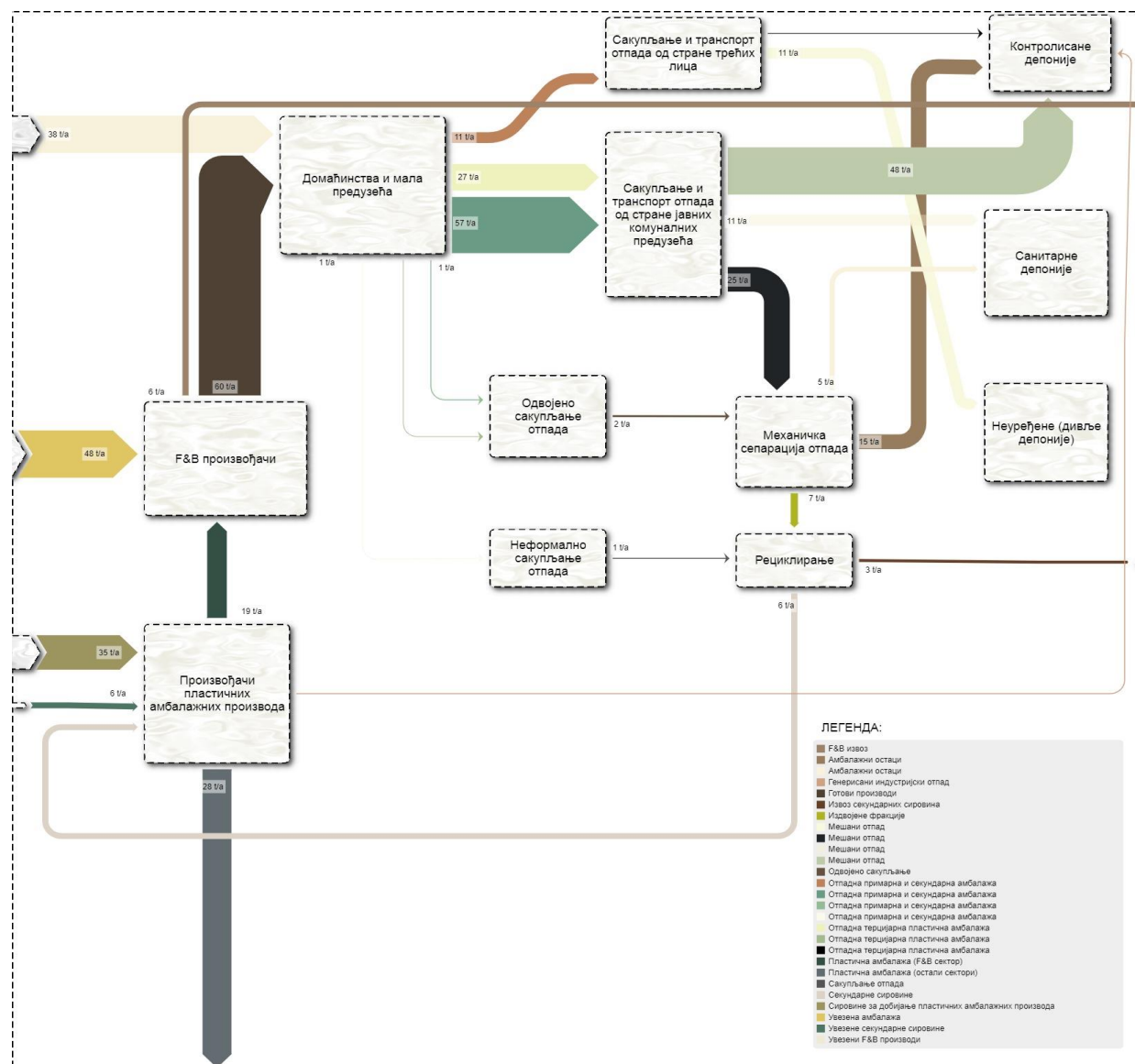
MF анализа је спроведена за 2018. годину, те се процењује да се исте године на тржиште Србије пласирало око $127 \pm 12\%$ тона EPS-а кроз F&B сектор. Резултати извршене анализе пружају податке о томе да се 90 тона EPS-а из F&B сектора одложило на српске депоније, док је 37 тона EPS-а из F&B сектора напустило систем (кроз извоз секундарних сировина или пак кроз токове производње пластичне амбалаже за остале секторе).

Шема тока отпада EPS пластичне амбалаже из F&B сектора у Републици Србији је приказана на слици 5.17, док је на слици 5.18 приказана шема која је одрађена у софтверу SankeyFlowShow. На приказаним шемама је лако уочљиво да се највећи део EPS-а одлаже на контролисаним депонијама, односно $63 \pm 16\%$ тона на годишњем нивоу. Нешто мања количина се одлаже на санитарним депонијама, прецизније $16 \pm 14\%$ тона, док се на неуређеним (дивљим) депонијама одложи око $11 \pm 14\%$ тона EPS-а на годишњем нивоу.

Тренутни систем управљања отпадом показује да се свега 8 тона EPS-а рециклира.



Слика 5.17 Шема тока отпада EPS пластичне амбалаже из F&B сектора у Републици Србији (софтвер STAN)



Слика 5.18 Шема тока отпада EPS пластичне амбалаже из F&B сектора у Републици Србији (софтвер SankeyFlowShow)

5.4.9. MFA резултати (Остали полимерни материјали)

У циљу што бољег и лакшег разумевања токова пластичног амбалажног отпада од хране и пића, анализирани су различите врсте полимера. Обзиром да постоје врсте полимерних материјала које је тешко идентификовати и одредити количине истог, у овом раду су анализирани токови осталих полимерних материјала, за које не постоје тачно дефинисани подаци. Приликом извођења анализе, у обзир је узет удео од 14,6% осталих полимерних материјала у укупној количини F&V пластичног амбалажног отпада.

Наиме, група остали полимерни материјали представљају најкомпликованију врсту амбалаже, која је углавном означена бројем 7. У ствари, ова ознака подразумева било коју пластику која не спада ни у једну од категорија полимера дефинисаних у претходним поглављима.

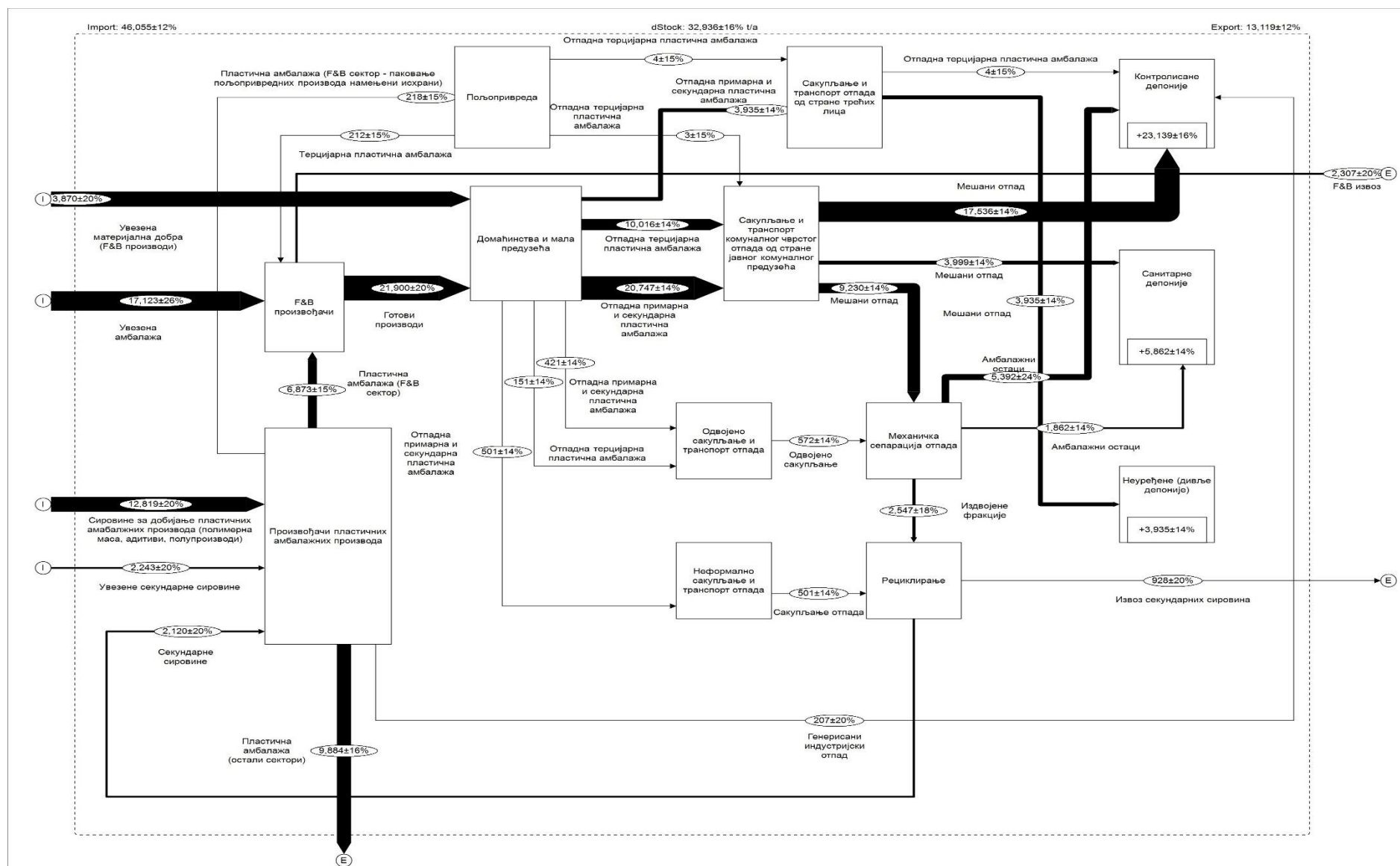
У поглављу 5.3, дефинисан је да удео осталих полимерних материјала у укупној количини комуналног отпада износи 1,36%. Обзиром да је количина генерисаног комуналног отпада у Републици Србији – позната, долази се до податка да се на годишњем нивоу генерише око 30.328 тона осталих полимерних материјала.

На тржиште Србије се током 2018. године пласирало око $46.055 \pm 12\%$ тона осталих полимерних материјала кроз F&V сектор. Овај податак представља резултат спроведене анализе токова осталих полимерних материјала. Као и у свим претходним случајевима, процењена количина генерисаног отпада од осталих полимерних материјала у F&V сектору је већа од реалне, а разлог томе јесте недостатак прецизних података о одређеним токовима.

Кроз балансирање улаза и излаза токова отпадних осталих полимерних материјала из F&V сектора, еколошки отисак на околину постаје уочљивији, а изворе оптерећења на околину, односно процесе у којима настаје, могуће је лоцирати. У овој студији случаја, примећено је највећи део осталих полимерних материјала свој животни циклус заврши на контролисаним депонијама, односно 23.139 тона на годишњем нивоу, док се на санитарне депоније одложи око 5.862 тона, а на неуређеним (дивљим) депонијама око 3.935 тона осталих полимерних материјала. Наведени подаци се односе на количине генерисаног отпада на годишњем нивоу.

Симулацијом тренутног система управљања отпадом показано је да се свега $3.048 \pm 16\%$ тона осталих полимерних материјала рециклирало током 2018. године.

Шема тока отпада осталих полимерних материјала из F&V сектора у Републици Србији је приказана на слици 5.19, док је на слици 5.20 приказана шема која је одрађена у софтверу SankeyFlowShow.



Слика 5.19 Шема тока отпада осталих полимерних материјала из F&B сектора у Републици Србији (софтвер STAN)

6. ПРЕПОРУКЕ ЗА УНАПРЕЂЕЊЕ СИСТЕМА ПРАЋЕЊА ТОКОВА ПЛАСТИЧНОГ ОТПАДА У РС

Управљање отпадом представља једну комплексну област, која обухвата значајан број подобласти и која се у свом домену подудара са великим бројем других области, као што су индустрија, увоз, извоз и трговина, рударство, итд. Управљање отпадом константно подлеже изменама у законодавном погледу, а у циљу унапређења и успостављања одрживог и ефикасног, односно трајног система.

Током израде мастер рада и прикупљања неопходних података за спровођење анализа, примећена је недоступност података у области производње, трговине и дистрибуције производа, као и у области управљања отпадом.

Национална статистика трговине (спољнотрговински промет робе - увоз, извоз и трговина на мало) доступна је од стране Републичког завода за статистику. Међутим проблем је тај што извештаји углавном садрже само податке о трговини анализираних производа израженој у новчаној вредности, док расположивих података о количинама увезених или извезених производа израженим у јединици масе - нема. У циљу израде прецизније анализе токова материјала, подаци треба да буду усклађени са подацима које подноси Европска комисија (PRODCOM листа).

На основу досадашње праксе, Републички завод за статистику у колаборацији са Агенцијом за заштиту животне средине, подноси годишње извештаје о стању отпада.

Законом о управљању отпадом, предвиђени су обвезници извештавања и то:

- ❖ произвођач, власник и/или други држалац отпада, изузев домаћинства,
- ❖ правна лица, односно предузетници који учествују у промету отпада,
- ❖ произвођач и увозник производа који после употребе постају посебни токови отпада,
- ❖ оператер постројења за поновно искоришћење отпада, и
- ❖ оператер на депонији (*Службени Гласник Републике Србије, 36/2009*).

Број пријављених постројења која у току делатности стварају отпад и постројења која учествују у пословима управљања отпадом јесте приказан у табели 6.1.

Табела 6.1 Број пријављених постројења која у току делатности генеришу отпад и постројења која учествују у пословима управљања отпадом (*Ђорђевић et al., 2019*)

Година	Генерисање отпада	Поновно искоришћење отпада	Одлагање отпада	Увоз отпада	Извоз отпада
2018	4571	331	32	45	96

Пре нешто више од шест година, у Агенцији за заштиту животне средине пуштен је у рад Информациони систем Националног регистра извора загађивања који подразумева електронско достављање података за све аспекте животне средине, па и за област управљања отпадом. Евиденција о броју достављених извештаја се води од 2013. године, а у 2018. години укупан број извештаја је био 16.026 (*Ђорђевић et al., 2019*).

Информације о годишњој генерисаној количини отпада су доступни, али не постоје званични подаци о генерисању отпада према категорији отпада, укључујући и пластични амбалажни отпад.

По правилу, Република Србија би требало да подноси годишње извештаје из области управљања отпадом у складу са EUROSTAT базом података.

У претходним поглављима наведено је да је управљање амбалажом и амбалажним отпадом (низ врста отпада који су у Каталогу отпада приказани у поглављу 15.01) у Републици Србији регулисано Законом о амбалажи и амбалажном отпаду. Правилником о обрасцима извештаја о управљању амбалажом и амбалажним отпадом су дефинисани начини израде и достављања годишњег извештаја произвођача, увозника, пакера/пуниоца и испоручиоца и крајњег корисника амбалаже, као и начин израде и достављања годишњег извештаја оператера система управљања амбалажним отпадом (*Службени Гласник Републике Србије*, 21/2010). Дозволу за управљање амбалажним отпадом има укупно седам оператера (*СЕПА*, 2018).

На основу прикупљених података од стране оператера система управљања амбалажним отпадом, Агенција за заштиту животне средине једном годишње подноси Извештај о управљању амбалажом и амбалажним отпадом. Наведени извештај није у потпуности комплетан, па се препоручује његова прогресија кроз детаљнији приказ података. Наиме, један овакав извештај, осим података о укупној количини амбалаже стављене на тржиште, укупној количини преузетог амбалажног отпада и укупној количини поновно искоришћеног и рециклираног амбалажног отпада од стране оператера, требало би да садржи и податке о укупној количини амбалаже и амбалажног отпада по различитим секторима индустрије. У овом раду је проучавана пластична амбалажа од хране и пића, те се са сигурношћу може рећи да се на територији Републике Србије не води евиденција о целокупној производњи нити потрошње исте. Препоручује се прикупљање и приказивање података о пластичној амбалажи из F&V сектора по угледу на Европску унију.

У Републици Србији постоји национално удружење произвођача пластике „Групација произвођача пластичних производа Удружења за хемијску, гумарску индустрију и индустрију неметала Привредне коморе Србије“, које у значајној мери може утицати на побољшање тренутног стања праћења токова пластичног амбалажног отпада. На иницијативу удружења, формирана је радна група која је израдила Нацрт стратегије управљања пластиком у Републици Србији до 2030. године у пакету циркуларне економије. Задатак је био да се креира план управљања пластиком и то кроз дефинисање најважнијих фактора на националном нивоу, што уједно представља и битан корак интеграције Србије у ЕУ.

Препоручује се имплементација европске Стратегије за пластику у циркуларној економији, која је настала као резултат велике зависности од природних сировина, ниске стопа рециклирања и поновне употребе пластике, као и високог процента трајног одлагања пластике. Управљање пластичном амбалажом по концепту циркуларне економије, развила би се просперитетнија и одржива економија у Србији. Препоручена имплементација циркуларне економије подразумева и промовисање улагања у иновативна решења, као и претварање тренутних проблема у решења. Примена наведене стратегије захтева учешће различитих актера, од произвођача пластичне амбалаже и дизајнера, преко брендова и малопродаје, до рециклера. Међутим, неопходно је прво променити свест потрошача, па тек онда мењати пословне моделе. Потрошачи су важни актери у циркуларној економији, те се првенствено мора извршити транзиција модела потрошње производа.

Паметна, иновативна и одржива индустрија пластичне амбалаже, где дизајн и производња у потпуности поштује принципе потребе поновне употребе, поправке и рециклирања, резултирала би економским растом Републике Србије, кроз истовремено побољшање стања животне средине. Промена актуелних процеса производње и потрошње пластичне амбалаже допринела би смањењу емисија гасова са ефектом стаклене баште, као и зависност од екстракције нових природних сировина.

Препоручује се удруживање свих заинтересованих страна како би на што ефикаснији начин омогућили увођење иновација и побољшање дизајна пластичних амбалажних производа, а у циљу што лакшег рециклирања. Осим тога, омогућили би и развој примарне сепарације пластичног амбалажног отпада, односно повећање капацитета рециклаже пластичног амбалажног отпада. Овакав вид трансформације би утицао на развој националног тржишта секундарних сировина.

Коначно, на основу спроведене анализе токова материјала из сектора хране и пића у Републици Србији, предлаже се:

- ❖ подизање ефикасности производње пластичне амбалаже за сектор хране и пића (коришћење мање сировина, воде и енергије током процеса током производње и транспорта, односно имплементација еко-дизајна),
- ❖ повећање производње пластичне амбалаже од биопластике,
- ❖ смањење коришћења једнократне пластичне амбалаже од хране и пића (имплементација паметне куповине, где потрошачи воде рачуна о производу који купују),
- ❖ примена поновне употребе и преправке пластичне амбалаже од хране и пића (продужавање животног века пластичне амбалаже),
- ❖ смањење употребе пластичне амбалаже (елиминисање амбалаже тамо где није потребна је од велике користи, међутим, важно је знати и да би избацивање пластичне амбалаже у потпуности имало озбиљне импликације по безбедност хране и могло би да доведе до повећаног негативног утицаја на животну средину).

Наведене препоруке би могле да се имплементирају, мада су потребне знатне промене у читавом систему Републике Србије. Наиме, у циљу примене ових препорука, морала би се испунити сва начела управљања отпадом (начело избора најоптималније опције за животну средину, начело близине и регионалног приступа управљања отпадом, начело, хијерахије управљања отпадом, начело одговорности, као и начело „загађивач плаћа“).

7. ЗАКЉУЧАК

Област управљања отпадом једна је од законски најдетаљније покривених области из домена животне средине у Европској унији. Неопходно је да Република Србија, као кандидат за чланство у ЕУ, усклади своје законодавство са законодавством ЕУ, што подразумева доношење уредби о смањењу отпада, његовом искоришћавању, поновној употреби, обради и одлагању отпада на начин, који је безбедан за човекову околину.

Од кад је пластика пре шездесет година уведена у масовну производњу, и експоненцијалним растом њене употребе до данас, јављају се велики проблеми везани за отпад од ових производа. Негативне последице које изазива пластични отпад углавном настају као резултат дуготрајног разлагања његових компоненти природним путем. Наиме, пластика се разлаже у микропластику коју је немогуће издвојити и која улази у ланац исхране, деградирајући природна станишта на тај начин.

Највише проблема изазива једнократна пластична амбалажа, која има кратак животни век трајања и која се одмах након употребе одлаже.

У Републици Србији, у последње време се све више говори о смањењу употребе пластичне амбалаже, а разлог томе јесу прописане законске регулативе ЕУ, које је неопходно имплементирати и у домаћем законодавству.

Један од највидљивијих и алармантних знакова проблема пластичног отпада јесу милиони тона који сваке године завршавају у морима и океанима. Република Србија нема излаз на море, али је проблем морског отпада прекограничне природе, зато што отпад стиже водотоковима, а признат је од стране ЕУ и Уједињених нација као глобални проблем (*ПКС, 2019*).

Основни циљ истраживања, у оквиру мастер рада, био је анализа токова пластичног амбалажног отпада од хране и пића у Републици Србији. Главне трансакције пластичне амбалаже у РС су према индустрији хране и пића. Сектор F&B обухвата активности које омогућавају трансформацију пољопривредних сировина у производе намењене људској исхрани, а истовремено две групације делатности – производњу прехранбених производа и производњу безалкохолних пића.

Како би се успешно реализовао постављени циљ рада, извршен је читав низ неопходних предуслова.

Најпре су анализирани основни управљања чврстим комуналним отпадом кроз дефинисање појмова линерне и циркуларне економије, интегрисаног система управљања отпадом и кроз опције управљања отпадом, које су дефинисане у хијерахији управљања отпадом. Анализирано је тренутно стање у области управљања комуналним чврстим отпадом у свету, Европској унији, али у Републици Србији. Тренутно стање управљања комуналним чврстим отпадом је утврђено на основу количине генерисаног комуналног чврстог отпада, морфолошког састава, просечног обухвата прикупљања чврстог комуналног отпада, метода третмана и одлагања комуналног отпада. Осим тога, анализирано је и тренутно стање пластике, односно пластичне амбалаже и амбалажног отпада. Посебан сегмент рада чине примери загађења животне средине пластичним отпадом.

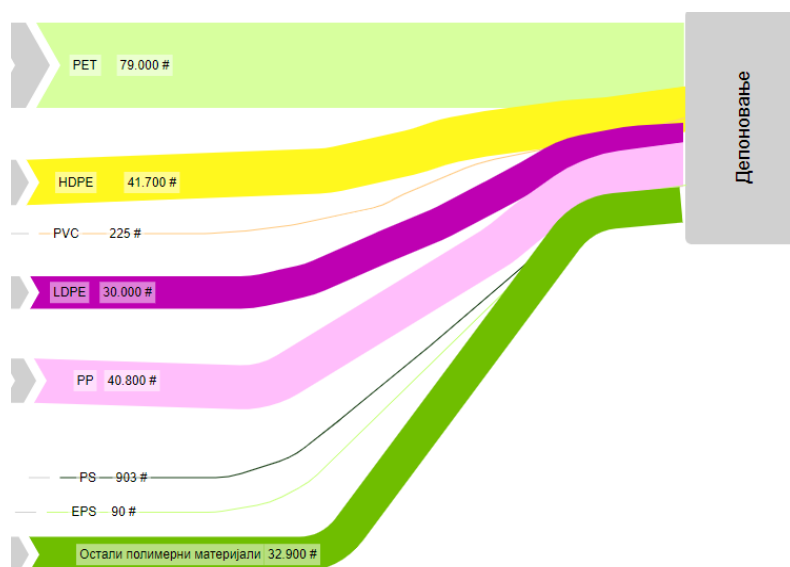
Фокус рада јесте на анализи токова материјала, која представља аналитички алат квантификације токова материјала или материје, односно супстанце у добро дефинисаном систему, како у времену, тако и у простору. У овом раду географска граница анализираних система се поистовећује са државном територијом Републике

Србије, која је утврђена граничном линијом, док се за основну годину усваја 2018. година.

Адекватно дефинисани MFA модел карактеришу улаз, излаз и залихе у складу са законом о одржању масе, стога ова анализа презентује контролисани материјални биланс једног система. Систем анализиран у овом раду је креиран од 13 процеса и 33 тока материјала. За симулацију токова пластичног амбалажног отпада од хране и пића у Републици Србији, у овом раду су коришћена два софтверска пакета: STAN и SankeyFlowShow.

Обзиром да не постоји евиденција о количинама пластичне амбалаже, као ни пластичног амбалажног отпада у Републици Србији, током израде анализе су коришћени различити приступи за добијање потребних података за анализу. Познато је да производња амбалаже од пластичних маса у Републици Србији износи 116.252 тона, те се претпоставило да се око 40% користи у сектору хране и пића, што уједно представља и полазни податак за MFA.

Анализа је извршена према расположивим подацима за укупну количину пластичног амбалажног отпада, али и за различите врсте полимера од којих се производи пластична амбалажа за сектор хране и пића. Сprovedеном анализом се дошло до резултата да се на годишњем нивоу генерише нешто више од 225.000 тона пластичне амбалаже из F&B сектора. Такође, анализом је процењена и количина различитих врста полимера који се одлажу на контролисаној и санитарној или пак неуређеној (дивљој) депонији. Удео полимера у укупној генерисаној количини F&B пластичног амбалажног отпада износи PET – 35%, HDPE – 18,5%, PVC – 0,1%, LDPE – 13,3%, PP – 18,1%, PS – 0,4%, EPS – 0,04%, и остали полимерни материјали – 14,6%, што је и приказано сликом 7.1.



Слика 7.1 Приказ удела појединих врста полимера у укупној количини пластичне амбалаже из F&B сектора

На основу укупне количине генерисаног комуналног отпада на територији Републике Србије од 2,23 милиона тона и удела пластичног амбалажног отпада у укупној количини генерисаног отпада од 3,99%, дошло се до податка да се на годишњем нивоу генерише око 88.977 тона пластичног амбалажног отпада, а да тек 40% од тога чини пластични амбалажни отпад од хране и пића. Међутим, због недостатка прецизних података о појединим токовима пластичне амбалаже, спроведена MFA показује да готово 10% укупно генерисаног комуналног чврстог отпада чини пластични амбалажни отпад од хране и пића. Такође, анализом је добијен резултат да се 10% укупне генерисане пластичне амбалаже из F&B сектора рециклира, док Нацрт стратегије управљања

пластиком у Републици Србији до 2030. године у пакету циркуларне економије показује да стопа рециклаже пластичног амбалажног отпада износи 20,3% (без спаљивања).

У циљу унапређења система праћења токова пластичног отпада у Републици Србији, неопходно је да се прикупљање података и извештавање у области управљања отпадом врши у складу са EUROSTAT базом података, али и да се у потпуности имплементира европска законска регулатива, поготово у области управљања пластичним отпадом, зато што би се на тај начин остварили бројни бенефити у области управљања пластичним амбалажним отпадом.

Генерални закључак у погледу успостављања и спровођења система управљања отпадом, али и система управљања пластичним амбалажним отпадом јесте да Република Србија настоји да усклади своје законодавство са основним директивама Европске уније. Међутим, реализацију циљева у области управљања отпадом, које је потребно дефинисати, отежава нефункционалност система на локалном и регионалном нивоу. Та нефункционалност настаје као узрок инфраструктурне неопремљености, финансијске неодрживости рада јавних комуналних предузећа и недовољно развијене свести друштва о неопходности управљања отпадом према начелу хијерархије управљања отпадом.

- ❖ Bauer, D. (2009). Environmental Policy. A Growing Opportunity for Material Flow Analysis. *Journal of Industrial Ecology* 13 (5): 666–669.
- ❖ Bošković, G., Stanisavljević, N., Kovačević, S., Batinić, B., Jovičić, N. (2019). Estimation of the quantities and types of food and beverage plastic packaging being placed on the market and in the waste flow in Montenegro. The Regional Activity Centre for Sustainable Consumption and Production, Barcelona, Spain.
- ❖ Brunner, P. H., and Rechberger, H. (2004). *Practical Handbook of Material Flow*. 1st Edition. Lewis Publishers. Taylor & Francis Group/CRC Press. Boca Raton, Florida. ISBN 1-5667-0604-1
- ❖ Brunner, P. H., and Rechberger, H. (2017). *Practical Handbook of Material Flow Analysis For Environmental, Resource and Waste Engineers*. 2nd Edition. Taylor & Francis Group/CRC Press. Boca Raton, Florida.
- ❖ Carus, M. and Aeschelmann, F. (2017). Bio-based building blocks and polymers. Global capacities and trends 2016-2021. Short version of the full report, Hürth, Germany.
- ❖ CS4EU – Цивилно друштво за унапређење приступања Србије Европској унији. (2017). Извештај: Анализа ефеката примене стратегије управљања отпадом у колубарском, мачванском и златиборском округу. Београдска отворена школа, Београд, Република Србија.
- ❖ ЕС – European Commission. (2019) [Online: www.ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php/Waste_statistics], датум приступа: 22. август 2019.
- ❖ ЕС – European Commission. (2019). [Online: www.ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php?title=Municipal_waste_statistics&oldid=371217#Municipal_waste_generation] , датум приступа: 22. август 2019.
- ❖ ЕС – European Commission. [Online: https://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php?title=Packaging_waste_statistics#Waste_generation_by_packaging_material], датум приступа: 1. септембар 2019.
- ❖ Garcia, A. (2014). *The Packaging Sector in Croatia*. Invest-Export, Brussels, Belgium.
- ❖ GESAMP. (2019). Guidelines or the monitoring and assessment of plastic litter and microplastics in the ocean. (Kershaw P.J., Turra A. and Galgani F. editors), (IMO/FAO/UNESCO-IOC/UNIDO/WMO/IAEA/UN/UNEP/UNDP/ISA Joint Group of Experts on the Scientific Aspects of Marine Environmental Protection). Reports and Studies GESAMP 99. ISSN: 1020-4873.
- ❖ Geyer, R., Jambeck, J. R., and Law, K. L. (2017). Production, use, and fate of all plastics ever made. *Science advances*, 3(7):e1700782. doi:10.1126/sciadv.1700782.
- ❖ GreenPeace. (2019). [Online: www.greenpeace.org/international/], датум приступа: 22. септембар 2019.
- ❖ HIP - Petrohemija. (2018). *Godišnji izveštaj zaštite životne sredine*. Pančevo, Republika Srbija.
- ❖ Kaza, S., Yao, L., Bhada-Tata, P., Van Woerden, F. (2018). *What a Waste 2.0: A Global Snapshot of Solid Waste Management to 2050*. Urban Development Series. Washington, DC: World Bank. DOI:10.1596/978-1-4648 -1329-0. License: Creative Commons Attribution CC BY 3.0 IGO.
- ❖ Marković, M. (2016). Značaj poljoprivredno-prehrambenih proizvoda u spoljnoj trgovini Republike Srbije. International scientific conference - ERAZ 2016: Knowledge based sustainable economic development.
- ❖ McDougall F.R., White P., Franke M., Hindle P. (2001). *Integrated waste management: A life cycle inventory (2nd edition)*, Blackwell Science, Oxford UK.

- ❖ Mrkajić, V., Stanisavljević, N., Wang, X., Tomas, L., Haro, P. (2018), Efficiency of packaging waste management in a European Union candidate country. Elsevier. Resources, Conservation & Recycling 136 (2018) 130–141.
- ❖ MSDT - Ministry of Sustainable Development and Tourism. (2015). National Waste Management Plan in Republic of Montenegro for the period 2015-2020. Podgorica, Montenegro.
- ❖ Plastics Europe. (2015). Plastics - The Facts 2015: An Analysis of European Latest Plastics Production, Demand and Waste Data. Brussels, Belgium.
- ❖ Product Trading. [Online: http://www.benchmarking.com.hk/product_trading.html], датум приступа: 1. септембар 2019.
- ❖ RAS – Development Agency of Serbia. (2019). Serbia Food Industry. Belegrade, Republic of Serbia.
- ❖ Rosenthal, B. [Online: <http://barryrosenthal.com/found-in-nature/>], датум приступа: 1. септембар 2019.
- ❖ SankeyFlowShow. [Online: www.sankeyflowshow.com], датум приступа: 1. септембар 2019.
- ❖ Sax, N. I., and Lewis, R. J. (1987). Hawley's Condensed Chemical Dictionary (11th Edition). New York: Van Nostrand Reinhold
- ❖ ScienceLine. . (2019). [Online: www.scienceline.org/2015/02/for-midway-atolls-birds-plastic-is-the-main-dish/], датум приступа: 22. септембар 2019.
- ❖ SEKOPAK. (2019). [Online: www.sekopak.com/sekopakove-novosti/pregradna-brana-za-odbranu-od-ambalaznog-otpada-koju-je-postavila-kompanija-sekopak-spremila-ekoloski-problem], датум приступа: 26. септембар 2019.
- ❖ Thompson, R. C., Swan, S. H., Moore, C. J., and vom Saal, F. S. (2009). Our plastic age. Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences, 364(1526):1973-1976, 2009. doi:10.1098/rstb.2009.0054.
- ❖ Time. (2019). [Online: www.time.com/5588691/victor-vescovo-plastic-oceans/], датум приступа: 22. септембар 2019.
- ❖ TOCU – The Ocean Clean Up. (2019). [Online: www.theoceancleanup.com], датум приступа: 22. септембар 2019.
- ❖ United Nations, Department of Economic and Social Affairs, Population Division. (2019). World Population Prospects 2019: Highlights. ISBN 978-92-1-148316-1.
- ❖ WEF – World Economic Forum & Foundation Ellen Mac Arthur. (2017). System Initiative on Environment and Natural Resource Security: The New Plastics Economy - Catalysing action. Geneva, Switzerland.
- ❖ World Bank. (2018). [Online: http://datatopics.worldbank.org/what-a-waste/trends_in_solid_waste_management.html], датум приступа: 1. септембар 2019.
- ❖ WRAP. (2018). Composition of plastic waste collected via kerbside. Banbury, UK.
- ❖ Бошковић, Г. (2014). Унапређење енергетске ефикасности градског система за управљање чврстим отпадом, докторска дисертација, Факултет инжењерских наука, Универзитет у Крагујевцу, Крагујевац, Република Србија.
- ❖ Вујић, Г., Убавин, Д., Батинић, Б., Војиновић Милорадов, М., Штрбац, Д., Гвозденац, Б., Станисављевић, Н., Миловановић, Д., Адамовић, Д., Бачлић, С., Дворнић, А. (2009). Утврђивање састава отпада и процене количине у циљу дефинисања стратегије управљања секундарним сировинама у склопу одрживог развоја Републике Србије. Департман за инжењерство заштите животне средине, Факултета техничких наука, Нови Сад, Република Србија.
- ❖ Дашић, Д., Џомбић, И. (2009). Увод у економију. Универзитет за пословни инжењеринг и менаџмент Бања Лука.

- ❖ Ђорђевић, Љ., Радовановић, Н., Реџић, Н., Јовановић, Г., Радовић, Ф. (2019). Управљање отпадом у Републици Србији у периоду од 2011.-2018. године. Министарство заштите животне средине, Агенција за заштиту животне средине, Република Србија.
- ❖ ЕЕА – European Environment Agency. (2018) . Environmental indicator report 2018: Resource efficiency and low carbon economy - Waste generation, European Union [online: www.eea.europa.eu/airs/2018/resource-efficiency-and-low-carbon-economy/waste-generation], датум приступа: 24. август 2019.
- ❖ Јовановић, М., Адамовић, Д., Ратковић, Н., Лазић, В. (2003). Машински материјали, Машински факултет, Универзитет у Крагујевцу, Крагујевац. ISBN 86-80581-55-0.
- ❖ Јовичић, Н. (2017). Настајање отпада. Е-скрипта. Факултет инжењерских наука, Универзитет у Крагујевцу, Крагујевац.
- ❖ Михајловић, В. (2015). Модел управљања отпадом заснован на принципима смањења негативног утицаја на животну средину и економске одрживости. Факултет техничких наука, Универзитет у Новом Саду, Нови Сад.
- ❖ МОНСТАТ – Управа за статистику. (2018). Сакупљене и произведене количине комуналног отпада у Црној Гори, 2011 - 2017. Подгорица, Република Црна Гора.
- ❖ МП – Министарство правде. (2017). Преглед актуелног стања са SWOT анализом за индустрију гуме и пластике у Србији. Београд, Република Србија.
- ❖ Нешковић-Маркић, Д. (2016). Моделовање и оптимизација управљања комуналним отпадом применом анализе токова материјала и оценом животног циклуса. Докторска дисертација. Факултет заштите животне средине, Универзитет EDUCONS, Сремска Каменица.
- ❖ ПБК – Парламентарна буџетска канцеларија. (2017). Спољнотрговинска размена у 2017. години – Основне карактеристике. Београд, Република Србија.
- ❖ ПКС – Привредна комора Србије. (2019). Нацрт стратегије управљања пластиком у Републици Србији до 2030. године у пакету циркуларне економије. Радни документ. Удружење за хемијску, гумарску индустрију и индустрију неметала, Групација произвођача пластичних производа. Центар за циркуларну економију, Београд, Република Србија.
- ❖ РЗЗС – Републички завод за статистику Србије. (2019). Статистика животне средине: Створени и третирани отпад, 2018. Београд. ISSN 0353-9555.
- ❖ РЗЗС – Републички завод за статистику. (2018). Еко-билтен. Београд, Република Србија. ISSN 0354-3641.
- ❖ РЗЗС – Републички завод за статистику. (2019). Спољнотрговински робни промет. Извештај број 197 - год. LXIX. Београд, Република Србија. ISSN 0353-9555.
- ❖ РЗЗС – Републички завод за статистику. (2019). Статистички календар Републике Србије. Београд, Република Србија.
- ❖ СЕПА - Агенција за заштиту животне средине. (2018). Извештај о управљању амбалажом и амбалажним отпадом у 2017. години. Министарство заштите животне средине. Београд, Република Србија.
- ❖ Службени гласник Републике Србије. (2009), Закон о управљању отпадом, Влада Републике Србије, Београд, Република Србија, Службени гласник РС број 36/2009, измене број 88/2010, 14/2016 и 95/2018.
- ❖ Службени гласник Републике Србије. (2009). Закон о амбалажи амбалажном отпаду, Влада Републике Србије, Београд, Република Србија, Службени гласник РС број 36/2009, измена број 95/2018.
- ❖ Службени гласник Републике Србије. (2010), Правилник о обрасцима извештаја о управљању амбалажом и амбалажним отпадом, Влада Републике Србије,

Београд, Република Србија, Службени гласник РС број 21/2010, измене број 10/2013, и 44/2018.

- ❖ Службени гласник Републике Србије. (2010). Уредба о класификацији делатности. Влада Републике Србије, Београд, Република Србија, Службени гласник Републике Србије 54/2010.
- ❖ ЦЕВЕС и ПКС – Центар за високе економске студије и Привредна комора Србије. (2017). Анализа перформанси и ланца вредности одабраних сектора. Београд, Република Србија.
- ❖ Ценчић, О. (2017). STAN Software for substance flow analysis: Version 2.6 – User manual. [Online: <http://www.stan2web.net>], датум приступа: 1. септембар 2019.